



**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC-145501**

# **KAPASITAS GESER BALOK BETON GEOPOLIMER DI LINGKUNGAN KOROSIF**

**DIMAS ABRIANSYAH**  
NRP. 3112.030.059

**DIMAS PERMANA SATRIYA P**  
NRP. 3112.030.098

**Dosen Pembimbing I**  
Ir. M. Sigit Darmawan M.EngSc, Ph.D  
NIP. 19630726 198903 1 003

**Dosen Pembimbing II**  
Dr. Ridho Bayu Aji, ST, MT.  
NIP. 19730710 199802 1 002

**PROGAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL**  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC- 145501**

## **KAPASITAS GESER BALOK BETON GEOPOLIMER DI LINGKUNGAN KOROSIF**

**DIMAS ABRIANSYAH**  
NRP. 3112.030.059

**DIMAS PERMANA SATRIYA P**  
NRP. 3112.030.098

**Dosen Pembimbing I**  
**Ir. M. Sigit Darmawan M.EngSc, Ph.D**  
NIP. 19630726 198903 1 003

**Dosen Pembimbing II**  
**Dr. Ridho Bayu Aji, ST, MT**  
NIP. 19730710 199802 1 002

**PROGAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL**  
**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2015**



FINAL PROJECT - RC-145501

## **SHEAR CAPACITY OF GEOPOLYMER CONCRETE BEAM IN CORROSIVE ENVIRONMENTS**

DIMAS ABRIANSYAH  
NRP. 3112.030.059

DIMAS PERMANA SATRIYA P  
NRP. 3112.030.098

Consellor Lecture I  
Ir. M. Sigit Darmawan M.EngSc, Ph.D  
NIP. 19630726 198903 1 003

Consellor Lecture II  
Dr. Ridho Bayu Aji, ST, MT.  
NIP. 19730710 199802 1 002

PROGAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL  
Faculty of Civil Engginering and Planning  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



**FINAL PROJECT - RC- 145501**

## **SHEAR CAPACITY OF GEOPOLYMER CONCRETE BEAM IN CORROSIVE ENVIRONMENTS**

**DIMAS ABRIANSYAH**  
NRP. 3112.030.059

**DIMAS PERMANA SATRIYA P**  
NRP. 3112.030.098

**Consellor Lecture I**  
**Ir. M. Sigit Darmawan M.EngSc, Ph.D**  
NIP. 19630726 198903 1 003

**Consellor Lecture II**  
**Dr. Ridho Bayu Aji, ST, MT**  
NIP. 19730710 199802 1 002

**PROGAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL**  
**Faculty of Civil Engginering and Planning**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2015**

## LEMBAR PENGESAHAN

### TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik  
Pada  
Program Studi Diploma Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institute Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Mahasiswa

**DIMAS ABRIANSYAH**

**NRP. 3112 030 059**

**DIMAS SATRIYA P S**

**NRP. 3112 030 098**

Disetujui oleh pembimbing tugas akhir terapan:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

13 JUL 2015

**Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc, Ph.D.**

**NIP. 19630726 198903 1 003**

**Dr. Ridho Bayu Aji, ST, MT.**

**NIP. 19730710 199802 1 002**

# **KAPASITAS GESER BETON GEOPOLIMER DI LINGKUNGAN KOROSIF**

Nama Mahasiswa : 1. Dimas Abriansyah  
2. Dimas Pemana S.P  
NRP : 3112030059  
3112030098  
Jurusan : Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS  
Dosen Pembimbing : 1. M Sigit Darmawan, M.Eng.Sc, Ph.D  
2. Dr. Ridho Bayuaji, ST. MT

## **ABSTRAK**

Seperti yang telah diketahui bahwasanya beton sangat sering digunakan dalam pembangunan teknik sipil karena harganya yang relatif murah, namun akhir-akhir ini penggunaan beton sering mendapat kritik karena emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari pembuatan semen. Kedua, sebagian besar wilayah di Indonesia adalah lautan. Merujuk dari rencana besar pemerintah yang akan meningkatkan pembangunan infrastruktur dengan memanfaatkan sektor laut. Namun kenyataannya air laut memiliki kandungan garam yang sangat tinggi yang dapat menyebabkan kerusakan pada. Seiring dengan berkembangnya teknologi. Ahli material memikirkan beton yang ramah lingkungan namun juga memiliki mutu yang tinggi dan kuat dalam korosi, dan salah satu yang dikembangkan adalah beton geopolimer.

Beton geopolimer adalah beton ramah lingkungan karena tidak menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya melainkan menggunakan fly ash yang merupakan limbah batu bara sebagai bahan penggantinya. Penelitian ini memiliki maksud secara umum melanjutkan eksplorasi teknologi beton geopolimer yang

lama dengan menggunakan NaOH 14M pada penelitian sebelumnya. Serta perbandingan oven dan curing pada suhu ruang atau laut terhadap kuat geser balok beton geopolimer berukuran 70x10x15 cm, kuat tekan, kuat belah dan UPV pada beton geopolimer yang di curing selama 28 hari.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dengan empat perawatan, balok beton geopolimer yang dirawat menggunakan oven menunjukkan adanya peningkatan kuat tekan.

**Kata Kunci :** Beton Geopolimer, Kuat Geser, Lingkungan Korosif



# **SHEAR CAPACITY OF CONCRETE BEAMS GEOPOLIMER IN CORROSIVE ENVIRONMENT**

Student Name : 1. Dimas Abriansyah  
2. Dimas Pemana S.P  
NRP : 3112030059  
3112030098  
Major : Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS  
Consellor Lecture : 1. M Sigit Darmawan, M.Eng.Sc, Ph.D  
2. Dr. Ridho Bayuaji, ST. MT

## **ABSTRACT**

As we know that concrete is very often used in civil engineering development, because its costs very cheap, there for recently the use of concrete often get critic because og gas of mirror house that producted by making cement. Secong, mot of indonesia regency is sea(ocean). Based on the big plainning of the goverment that infra structure increase by using the sea. However in fact the sea water contains a lot salt thast couse the damage of concrete at the same time with technology depelovment. Materials engineering(Expert Scientist of materials) think that concrete is friendly with enue ranment and also have a high quality and strong in corosive and one of them that developped its geopolimer concrete.

Geopolimer concrete is concrete is friendly with enviroment because its doesn't use of things. But by using fly ash that using rock to be subtitue. This investigation have porpose generallyt. To continue technology exploration of geopolimer concrete by using noun on the investigation before the coumford of oven and curing on the room temperature or the sea agains the



shear movement of geopolymer concrete 70x10x15cm strong  
pression that is done for 28 days

From the result of the test by using for kinds of types of  
geopolymer concrete that is taken care of by using oven shows  
that there is up of strong presson

**Keywords** : Geopolymer Concrete, Shear Strength, Corrosive  
Environment

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karuniannya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan proyek akhir dengan judul ***“Kapasitas geser balok beton geopolimer di lingkungan korosif”*** sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md) pada jurusan Diploma III Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak doa, bantuan, dan dukungan moral serta materiil. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, Tuhan sekaligus pengatur kehidupan yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini hingga selesai
2. Kedua Orang Tua, yang tak henti-hentinya memberikan semangat dan dukungan kepada penulis
3. Bapak Ir.M Sigit Darmawan, MEng, SC., Phd. selaku Kepala Prodi Jurusan Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS dan dosen pembimbing I
4. Bapak Ir. Boedi Wibowo, Ces. selaku dosen wali
5. Bapak Dr. Ridho Bayuaji, ST. MT selaku dosen pembimbing II
6. Bapak dan Ibu dosen pengajar di Jurusan Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya
7. Staf Laboratorium Uji Material Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya
8. Staf Laboratorium Uji Bahan Jalan Diploma III Teknik Sipil FTSP- ITS Surabaya
9. Staf Laboratorium Energi ITS Surabaya
10. Staf Laboratorium jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS Surabaya

11. Bapak dan Ibu penguji

12. Serta semua pihak dan teman-teman yang telah membantu dan mendukung penyelesaian tugas akhir ini

Penulis menyadari dalam penyusunan dan penulisan tugas akhir ini tak lepas dari berbagai kesalahan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna untuk kesempurnaan penulisan selanjutnya.

Akhir kata, besar harapan penulis semoga laporan proyek akhir ini dapat memberikan faedah dan manfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juni 2015



## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GRAFIK .....	xiii
BAB I_ PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan dan Manfaat .....	3
1.4. Batasan Masalah .....	4
BAB II_ TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Definisi Balok Beton Bertulang .....	5
2.1.1. Perilaku balok akibat gaya geser .....	5
2.1.2. Perencanaan penulangan geser .....	6
2.1.3. Perencanaan beban yang digunakan untuk gagal geser .....	8
2.2. Beton Geopolimer .....	9
2.2.1. Umum .....	9
2.2.2. Definisi bahan penyusun dan polimerisasi pada Beton Geopolimer .....	10
2.2.3. Sifat-sifat Geopolimer .....	11
2.2.4. Kelebihan dan kekurangan beton Geopolimer ....	12
2.2.5. Material penyusun beton geopolimer .....	12
2.2.6. Perawatan beton geopolimer .....	23

2.2.7.	Literatur tentang balok beton geopolimer geser..	26
2.2.8.	Pengujian beton geopolimer.....	26
<b>BAB III_ METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>29</b>
3.1	UMUM.....	29
3.2.	STUDI LITERATUR.....	32
3.3.	DESAIN EKSPERIMEN.....	32
3.4.	PERSIAPAN MATERIAL.....	33
3.4.1	Fly Ash.....	33
3.4.2	Alkali Aktivator.....	33
3.4.3	Agregat halus.....	34
3.4.4	Agregat kasar.....	35
3.5.	PENGUJIAN MATERIAL.....	36
3.5.1.	Pengujian agregat halus.....	36
3.5.2.	Pengujian agregat kasar.....	43
3.6.	PERHITUNGAN CAMPURAN DAN TULANGAN.....	48
3.5.1	Perhitungan Mix Desain.....	48
3.5.2.	Perhitungan penulangan gagal geser.....	50
3.6.	METODE PEMBUATAN BENDA UJI.....	53
3.6.1.	Pembuatan campuran beton.....	53
3.6.2.	Pengujian Beton Geopolimer.....	62
<b>BAB IV_ HASIL DAN ANALISA.....</b>		<b>69</b>
4.1.	UMUM.....	69
4.2.	HASIL PENGUJIAN MATERIAL.....	69
4.4.1.	Fly Ash.....	69
4.4.2.	Agregat Halus (Pasir).....	71

4.4.3.	Agregat Kasar (Kerikil).....	73
4.3.	HASIL UJI SILINDER BETON GEOPOLIMER.....	75
4.3.1.	Pengujian sewaktu beton masih segar .....	75
4.3.2.	Pengujian beton sewaktu berusia 28 hari .....	76
4.4.	HASIL PENGUJIAN BALOK BETON GEOPOLIMER.....	94
4.4.1.	Kuat Geser.....	94
4.4.2.	Defleksi Kuat Geser .....	100
4.4.3.	Pola Retak .....	104
BAB V_ KESIMPULAN DAN SARAN .....		109
5.1.	Kesimpulan .....	109
5.2.	Saran.....	109
DAFTAR PUSTAKA .....		111
BIODATA		
LAMPIRAN		





## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel komposisi kimia fly ash dalam persen berat ....	16
Tabel 2. 2 Tabel komposisi kimia fly ash tipe C (PLTU Paiton) .....	16
Tabel 2. 3 Tabel persyaratan kandungan kimia fly ash .....	17
Tabel 2. 4 Tabel susunan sifat fisik fly ash .....	18
Tabel 2. 5 Tabel persyaratan fisik fly ash .....	18
Tabel 4. 1 Tabel kandungan material pada fly ash .....	70
Tabel 4. 2 Tabel hasil pengujian fisik material pasir .....	72
Tabel 4. 3 Tabel hasil pengujian fisik material kerikil .....	74
Tabel 4. 4 Tabel hasil uji slump .....	75
Tabel 4. 5 Tabel pengujian kuat tekan pada silinder beton geopolimer .....	77
Tabel 4. 6 Tabel hasil pengujian porosity silinder $\phi 5 \times 10$ .....	83
Tabel 4. 7 Hasil pengujian UPV .....	88
Tabel 4. 8 Hasil pengujian Hammer Test .....	90
Tabel 4. 9 Hasil pengujian Kuat Belah .....	92
Tabel 4. 10 Hasil pengujian Kuat Geser .....	94
Tabel 4. 11 Nilai beban dan defleksi pada perawatan O.R .....	100
Tabel 4. 12 Nilai beban dan defleksi pada perawatan O.L .....	101
Tabel 4. 13 Nilai beban dan defleksi pada perawatan TO.R .....	102
Tabel 4. 14 Nilai beban dan defleksi pada perawatan TO.L .....	103





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perilaku Geser Elemen Lentur.....	6
Gambar 2. 2 Skema Pembentukan Beton Geopolimer .....	11
Gambar 2. 3 Ikatan Polimerisasi $\text{SiO}_4$ dan $\text{AlO}_4$ .....	11
Gambar 2. 4 Ikatan Polimerisasi Si dan Al (Davidovids,1994) ..	11
Gambar 2. 5 Macam- macam bentuk Agregat.....	14
Gambar 2. 6 Scanning Electron Microscopy (SEM) dari campuran antara fly ash dengan sodium silikat .....	22
Gambar 2. 7 Scanning Electron Microscopy (SEM) dari campuran antara fly ash dengan sodium hidroksida. .....	23
Gambar 2. 8 Perawatan Beton Pada suhu Ruangan .....	24
Gambar 2. 9 Perawatan Beton Pada suhu Ruangan .....	24
Gambar 2. 10 Pengaruh Suhu terhadap Kekuatan.....	25
Gambar 2. 11 Perawatan Pada Air Laut .....	25
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	32
Gambar 3. 2 Potongan melintang balok .....	52
Gambar 3. 3 Potongan memanjang balok.....	52
Gambar 3. 4 Persiapan bekesting silinder .....	53
Gambar 3. 5 Pemberian pelumas dan pemasangan besi pada bekesting.....	54
Gambar 3. 6 Proses pencampuran pasir, kerikil dan fly ash.....	55
Gambar 3. 7 Alkali aktivator yang dicampur agar menjadi homogen .....	56
Gambar 3. 8 Pencampuran agregat dan mortar ke dalam concrete mixer .....	56
Gambar 3. 9 Memindahkan beton yang sudah tercampur dalam mixer kedalam wadah .....	57
Gambar 3. 10 Pengujian slump test.....	57
Gambar 3. 11 Pemadatan menggunakan batang besi .....	58

Gambar 3. 12 Perawatan oven ruang.....	59
Gambar 3. 13 Perawatan oven laut.....	60
Gambar 3. 14 Perawatan tanpa oven ruang .....	60
Gambar 3. 15 Perawatan tanpa oven laut .....	61
Gambar 3. 16 Sketsa pembebanan kuat tekan .....	63
Gambar 3. 17 Skesa pembebanan kuat geser .....	67
Gambar 4. 1 Hasil test uji XRD pada fly ash .....	70
Gambar 4. 2 Pengujian Slump.....	76
Gambar 4. 3 Posisi pengujian beban pada balok .....	105
Gambar 4. 4 Pola retak yang terjadi pada balok yang dirawat menggunakan perawatan O.R.....	105
Gambar 4. 5 Pola retak yang terjadi pada balok yang dirawat menggunakan perawatan O.L .....	106
Gambar 4. 6 Pola retak yang terjadi pada balok yang dirawat menggunakan perawatan TO.R.....	106
Gambar 4. 7 Pola retak yang terjadi pada balok yagn dirawat menggunakan perawatan TO.L.....	107

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Pada umumnya beton dikenal sebagai material yang tersusun dari komposisi utama batuan (agregat), air, dan semen portland. Beton sangat populer dan digunakan secara luas, karena bahan pembuatnya mudah didapat, harganya relatif murah, dan teknologi pembuatannya relatif sederhana. Namun, akhir-akhir ini beton tersebut makin sering mendapatkan kritik karena emisi gas rumah kaca (karbon dioksida) yang dihasilkan pada proses produksi semen karena proses pembakarannya yang memerlukan energi hingga 1400°C. Pembakaran 1 ton semen menghasilkan 0,55 ton CO<sub>2</sub> kimia (Davidovius, J. 1991).

Para ahli material pun mulai berpikir untuk menemukan beton yang ramah lingkungan. Salah satu yang mulai dikembangkan adalah beton geopolimer. Beton geopolimer ini adalah beton yang bahan dasar materialnya adalah bahan-bahan yang banyak mengandung unsur-unsur silikon dan aluminium. Untuk melarutkan unsur-unsur tersebut serta memungkinkan terjadinya reaksi kimiawi, digunakan larutan yang bersifat alkalis. Material geopolimer ini digabungkan dengan agregat batuan kemudian menghasilkan beton geopolimer, tanpa menggunakan semen lagi. Melihat dari senyawa yang dihasilkan dari Geopolimer tersebut tidaklah berbahaya, selain itu manfaat lainnya yaitu, Geopolimer dapat menggunakan bahan-bahan buangan industri seperti *fly ash* yang didapat dari sisa dari pembakaran batu bara di PLTU Paiton, proses pembuatan beton geopolimer tidak terlalu memerlukan energi. Dengan pemanasan lebih kurang 60° C



selama satu hari penuh sudah dapat dihasilkan beton yang berkekuatan tinggi.

Sebagaimana yang kita ketahui Indonesia adalah negara kepulauan dengan wilayah laut yang sangat luas sehingga pengembangan infrastruktur untuk transportasi dan jasa pengiriman barang melalui laut merupakan kebutuhan yang sangat penting. Ditambah lagi dengan rencana pemerintah yang akan mulai membangun infrastruktur laut seperti dermaga dan tol laut (Kompas, 31 Oktober 2014). Namun demikian, infrastruktur yang dibangun untuk penghubung antar pulau tersebut umumnya terbuat dari beton yang memiliki kelemahan terhadap korosi air laut. Bahan utama dalam beton tersebut adalah Portland dimana pengikat pada semen Portland rentan terhadap serangan kimia, terutama asam, garam sulfat, dan klorida.

Oleh karena itu dalam penelitian ini, peneliti akan menggunakan material lain yang memiliki sifat mekanis dan ketahanan kimia yang lebih tinggi daripada beton semen Portland, material tersebut adalah Geopolimer. Geopolimer merupakan polimer anorganik dengan susunan atom Si dan Al dalam jaringan 3 dimensi sehingga memiliki kekuatan dan ketahanan yang sangat baik. Geopolimer juga telah diteliti memiliki ketahanan (*durability*) terhadap serangan asam sulfat dan klorida.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Meninjau dari penelitian yang dilakukan oleh ITS tersebut belum membahas tentang pengaruh suhu dalam beton geopolimer, maka dalam penelitian ini akan dibahas tentang pengaruh suhu. Permasalahan pokok yang terkait dengan perbandingan antara balok beton geopolimer dengan balok beton biasa adalah :

- a. Bagaimana pengaruh kuat tekan beton setelah perawatan suhu 60°C selama 24 jam pada beton geopolimer di lingkungan air laut dan di suhu ruang?
- b. Bagaimana pengaruh kuat geser, pola kerusakan dan deformasi pada balok beton geopolimer?
- c. Bagaimana mengetahui perbandingan perhitungan kuat geser beton normal dengan beton geopolimer dengan mutu yang sama dan perawatan suhu 60°C selama 24 jam

### 1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian proyek akhir ini adalah :

- a. Mengetahui pengaruh kuat tekan beton setelah perawatan suhu 60°C selama 24 jam pada beton geopolimer di lingkungan air laut dan di suhu ruang.
- b. Mengetahui perilaku geser, retakan dan deformasi balok beton geopolimer dengan perawatan suhu 60°C selama 24 jam
- c. Mengetahui perbandingan perhitungan perilaku geser pada beton normal dengan beton geopolimer dengan mutu yang sama.

Manfaat dari penelitian proyek akhir ini adalah:

- a. Dapat mengganti beton portland yang rentan di lingkungan air laut dengan beton geopolimer yang menurut literatur memiliki durability yang sangat tinggi.
- b. Dapat mengganti bahan dasar semen dengan bahan limbah pembakaran batu bara yaitu *fly ash*.
- c. Mengurangi produksi CO<sub>2</sub> sebagai hasil samping produksi semen portland.

#### **1.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini meliputi :

- a. Prosedur pengujian dan analisa agregat pada beton geopolimer sama seperti prosedur pengujian dan analisa pada beton biasa.
- b. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari.
- c. Penelitian ini mengacu pada SNI 03-2847-2002.
- d. Perawatan beton geopolimer dan balok geopolimer pada suhu 60°C selama 24 jam dan dilanjutkan dirawat di ruang dengan temperatur suhu ruang serta dirawat di pantai kenjeran masing-masing selama 28 hari

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

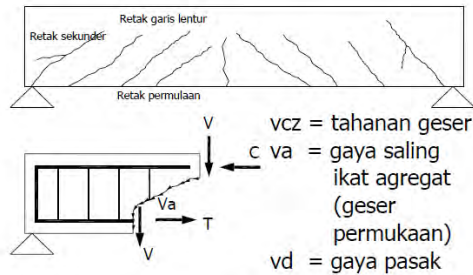
#### **2.1. Definisi Balok Beton Bertulang**

Beton merupakan material yang kuat terhadap tekan dan lemah terhadap tarik. Beton itu akan retak ketika mendapatkan tegangan tarik yang melebihi kekuatan tariknya. Sehingga untuk menahan gaya tarik, beton dikombinasikan dengan tulangan baja yang akan memberikan kelebihan dalam menahan adanya tegangan tarik. Dengan menanamkan tulangan baja pada beton seperlunya diperoleh beton bertulang dengan baja pemikul tarik sedangkan beton untuk pemikul tekan.

Balok beton bertulang akan mengalami geser ketika beban bekerja. Lentur ini sebagai akibat dari regangan deformasi yang disebabkan oleh beban eksternal. Pada saat beban ditingkatkan, balok tersebut akan menahan regangan dan defleksi tambahan, sehingga terjadi retak lentur di sepanjang bentang balok. Penambahan yang terus menerus terhadap tingkat beban maka akan mengakibatkan kegagalan elemen struktural ketika beban eksternal mencapai kapasitas elemen tersebut (Ahmad dan Hanafi, 2011).

##### **2.1.1. Perilaku balok akibat gaya geser**

Untuk kasus balok akibat adanya tegangan geser yang tinggi akan mengakibatkan terjadinya retak miring. Untuk mencegah pembentukan retak miring digunakan penulangan transversal yang dikenal dengan penulangan geser, yang berbentuk sengkang tertutup atau yang berbentuk U di arah vertikal atau miring untuk menutupi penulangan memanjang utama di sekeliling muka balok.



**Gambar 2. 1** Perilaku Geser Elemen Lentur

### 2.1.2. Perencanaan penulangan geser

Perencanaan geser untuk komponen-komponen struktur terlentur didasarkan pada anggapan bahwa beton menahan sebagian dari gaya geser, sedangkan kelebihan atau kekuatan geser di atas kemampuan beton untuk menahannya dilimpahkan kepada tulangan baja geser. Untuk komponen-komponen struktur yang menahan geser dan lentur saja (SNI-03-2847-2002), memberikan kapasitas kemampuan beton (tanpa penulangan geser) untuk menahan gaya geser adalah  $V_c$ ,

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \, b_w \, d \dots\dots\dots (1)$$

atau dengan menggunakan Persamaan yang lebih terperinci sebagai berikut:

$$V_c = \left( \sqrt{f'c} + 120 \rho_w \frac{V_u \, d}{M_u} \right) \frac{b_w \, d}{7} \dots\dots\dots (2)$$

dimana  $M_u$  adalah momen terfaktor yang terjadi bersamaan dengan gaya geser terfaktor maksimum  $V_u$  pada penampang kritis, sedangkan batas atas faktor pengali dan  $V_u$  adalah sebagai berikut:

$$\frac{V_u \, d}{M_u} \leq 1,0 \dots\dots\dots (3)$$

$$V_c \leq (0,3\sqrt{f'_c}) b_w d \dots\dots\dots (4)$$

dengan:

$V_c$  = kuat geser beton (N)

$f'_c$  = kuat tekan beton (N/mm<sup>2</sup>)

$b_w$  = lebar efektif penampang balok (mm)

$\rho_w$  = rasio luas tulangan lentur dengan luas penampang balok

$M_u$  = momen akibat beban luar yang bekerja (Nmm)

Berdasarkan SNI 03-2847-2002, dasar perencanaan tulangan geser adalah:

$$\phi V_n \geq V_u \dots\dots\dots (5)$$

$$V_n = V_c + V_s \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{Sehingga: } V_u \leq \phi V_c + \phi V_s \dots\dots\dots (7)$$

dengan:

$V_u$  = beban geser terfaktor (N)

$\phi$  = faktor reduksi kuat geser

$V_c$  = kuat geser beton (N)

$V_n$  = kuat geser ideal atau nominal (N)

$V_s$  = kuat geser nominal yang dapat disediakan oleh tulangan geser (N)

Untuk sengkang vertikal,  $V_s$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (58) SNI 03-2847-2002.

$$V_s = A_s f_y d S \dots\dots\dots (8)$$

Kuat tulangan geser nominal yang diperlukan ( $V_s$ ) dapat ditentukan dari diagram gaya geser terfaktor  $V_u$ .

$$V_u \leq \phi V_c + \phi V_s \dots\dots\dots (9)$$

Selanjutnya diperoleh:

$$V_s \text{ perlu} = V_s \leq \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} \dots\dots\dots (10)$$



$$V_s \text{ perlu} = V_s \leq \frac{V_u}{\phi} V_c \dots\dots\dots (11)$$

### 2.1.3. Perencanaan beban yang digunakan untuk gagal geser

#### a. Beban yang digunakan untuk gagal lentur

1. Menghitung luas tulangan lentur yang dipasang pada suatu penampang

$$A_s (\text{actual}) = n \times A_s$$

$$A_s = 2 \frac{1}{4} \pi d^2$$

2. Menghitung tinggi efektif

Tinggi efektif = Tinggi balok – selimut beton – diameter tulangan geser – 0,5 diameter tulangan lentur

3. Menghitung nilai  $a$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

4. Menghitung momen nominal

$$M_n = A_s \times f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

5. Menghitung momen ultimate

$$M_u = \phi M_n$$

$$\phi = 0,8$$

6. Menghitung beban pengujian

$$P_u = \frac{4 \times (M_u - \frac{1}{8} \times q_u \times l^2)}{l}$$

$$qu = b \times h \times BJ \text{ Beton}$$

### b. Beban yang digunakan untuk gagal geser

#### 1. Mencari geser nominal ( $V_n$ )

$$V_n = V_c + V_s$$

#### 2. Mencari kuat geser komponen beton ( $V_c$ )

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b w d$$

#### 3. Mencari kuat geser komponen baja tulangan ( $V_s$ )

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

#### 4. Mencari luas tulangan sengkang

$$A_v = n \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$$

#### 5. Mencari beban yang dibutuhkan agar beton retak

$$V_n = \frac{1}{2} P$$

$$P = 2 V_n$$

Syarat :  $P \text{ lentur} > P \text{ geser}$  (agar terjadi kegagalan pada tulangan geser)

## **2.2. Beton Geopolimer**

### **2.2.1. Umum**

Beton geopolimer atau beton dengan bahan dasar pozzolan yang mengandung  $\text{SiO}_2$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  umumnya digunakan fly ash merupakan salah satu alternatif pengganti beton yang pada umumnya menggunakan semen sebagai bahan dasar dengan reaksi pengikatan yang disebut polimerisasi. Penggunaan geopolimer ini dipelopori oleh

seorang ilmuwan Prancis, Prof. Joseph Davidovits pada tahun 1978.

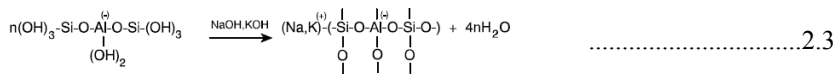
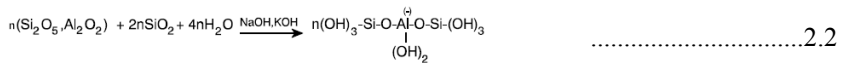
Oleh karena itu, banyak riset yang telah dilakukan lembaga penelitian atau universitas di berbagai negara untuk mengkaji serta memperelajari manfaat dari beton geopolimer tersebut.

### **2.2.2. Definisi bahan penyusun dan polimerisasi pada Beton Geopolimer**

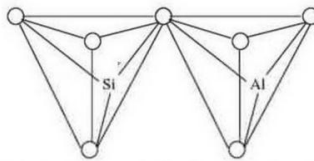
Beton geopolimer adalah sebuah senyawa silikat alumino anorganik yang disintesis dari bahan – bahan produk sampingan seperti abu terbang (fly ash) abu sekam padi (risk husk ash) dan lain – lain, yang banyak mengandung silikon dan aluminium (Davidovits, 1997) Geopolimer merupakan produk beton geosintetik dimana reaksi pengikatan yang terjadi adalah reaksi polimerisasi. Dalam reaksi polimerisasi ini Alumunium (Al) dan Silika (Si) mempunyai peranan penting dalam ikatan polimerisasi (Davidovits, 1994) Reaksi Al dan Si dengan alkaline akan menghasilkan  $\text{AlO}_4$  dan  $\text{SiO}_4$ .

Peranan unsur silikat dan alumunium sangat penting dalam proses polimerisasi. Hal ini ditunjukkan dalam bentuk rasio perbandingan Si/Al, semakin besar ratio Si/Al karakter polimer semakin terbentuk kuat. (geopolimer institute)

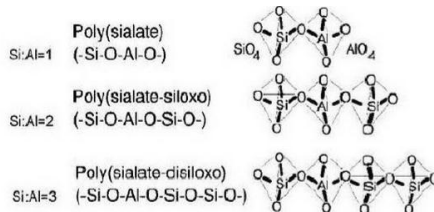
Skema pembentukan beton geopolimer dapat dilihat pada persamaan (2 – 1) dan (2 – 2) (van Jaarsveld dkk, 1997 ; Davidovits, 1999)



**Gambar 2. 2** Skema Pembentukan Beton Geopolimer



**Gambar 2. 3** Ikatan Polimerisasi  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$



**Gambar 2. 4** Ikatan Polimerisasi Si dan Al (Davidovids,1994)

### 2.2.3. Sifat-sifat Geopolimer

Beton geopolimer memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

#### a. Pada beton segar (fresh concrete)

- Memiliki waktu setting 10 jam pada suhu  $-20^\circ\text{C}$ , dan mencapai 7 – 60 menit pada suhu  $20^\circ\text{C}$
- Penyusutan selama setting kurang dari 0.05%,

- Kehilangan masa dari beton basah menjadi beton kering kurang dari 0.1%.

**b. Pada beton keras (hardened concrete)**

- Memiliki kuat tekan lebih besar dari 90 Mpa pada umur 28 hari,
- Memiliki kuat tarik sebesar 10-15 Mpa pada umur 28 hari,
- Memiliki water absorption kurang dari 3%

**2.2.4. Kelebihan dan kekurangan beton Geopolimer**

**a. Kelebihan-kelebihan beton geopolimer (Frantisek Skvara,dkk, 2006) :**

- Tahan terhadap api,
- Tahan terhadap lingkungan korosif,
- Tahan terhadap reaksi alkali silica.
- Tidak menggunakan semen sebagai bahan perekatnya, maka dapat mengurangi polusi udara.
- Mempunyai rangkai susut yang kecil.

**b. Kekurangan-kekurangan beton geopolimer :**

- Pembuatan beton geopolimer lebih rumit dibandingkan beton semen, karena membutuhkan alkaline activator,
- Belum ada rancang campuran yang pasti.
- Memiliki water absorption kurang dari 3%

**2.2.5. Material penyusun beton geopolimer**

**2.2.5.1 Agregat**

Dalam SNI T-15-1991-03 Agregat didefinisikan sebagai material granular, misalnya pasir, kerikil, batu

pecah, dan kerak tungku besi yang dipakai bersama sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk beton semen hidrolik atau adukan. Pada beton semen biasanya volume agregat yang digunakan adalah 50-80% volume total beton, sehingga kondisi agregat yang digunakan sangat berpengaruh pada karakteristik beton. Semakin bagus agregat yang digunakan, maka akan lebih memberikan kekuatan pada beton. Kriteria agregat bergantung pada karakteristik – karakteristik di bawah ini :

### 1. Ukuran Agregat

Berdasarkan ukurannya, agregat dibedakan menjadi :

- a.) Agregat halus (*fine aggregate*) diameter 0–5 mm disebut pasir, yang dapat dibedakan lagi menjadi :
  - Pasir halus:  $\emptyset$  0 – 1 mm
  - Pasir kasar:  $\emptyset$  1 – 5 mm
- b.) Agregat kasar (*coarse aggregate*) diameter > 5 mm, biasanya berukuran antara 5 hingga 40 mm, disebut kerikil.

### 2. Visual Bentuk

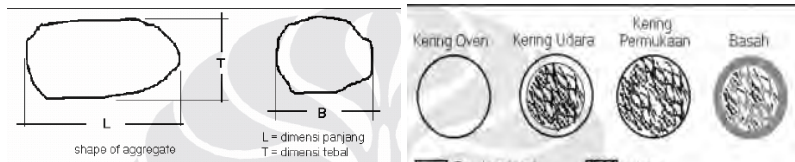
Oleh karena bentuknya yang bervariasi, agregat diklasifikasikan bentuk menjadi bulat, lonjong, pipih atau kubikal. Bentuk yang paling baik dalam pembuatan beton adalah kubikal, karena bentuk ini memiliki kekuatan yang lebih besar dari bentuk yang pipih dan akan saling mengunci antar agregat (*interlocking*). Namun bentuk kubikal akan mempersulit pekerjaan, karena kemampuan mengalir (*flowability*) yang rendah.

### 3. Visual Tekstur Permukaan

Secara visual dapat dibedakan menjadi kasar, halus, rata atau bergelombang. Tekstur yang kasar akan memberikan pengikatan yang lebih baik oleh semen, hal ini disebabkan karena luas permukaan yang lebih besar pada agregat bertekstur kasar.

#### 4. Berat Jenis dan Absorpsi

Berat jenis dibedakan menjadi beberapa tipe berdasarkan kondisinya. Kondisi tersebut adalah kering oven (oven dry), kering permukaan (saturated surface dry), kering udara dan kondisi basah. Biasanya pada pekerjaan beton digunakan kondisi kering permukaan karena pada saat pencampuran pasta semen akan diserap masuk oleh permukaan agregat, namun karena bagian dalam agregat terisi air maka penyerapan air tidak berlebihan. Hal ini akan memperkuat ikatan antar agregat.



**Gambar 2. 5** Macam- macam bentuk Agregat

#### 2.2.5.2 Fly Ash

##### 1. Pengertian

Fly ash merupakan bagian dari sisa abu pembakaran yang berupa bubuk halus dan ringan yang diambil dari campuran gas tungku pembakaran menggunakan bahan batubara pada boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Fly ash diambil secara mekanik dengan sistem pengendapan elektrostatis (Hidayat,1986)

Fly ash adalah mineral admixture yang berasal dari sisa pembakaran batubara yang tidak terpakai. Material ini mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozzolanik (Himawan dan Darma,2000 : 25)

Dalam penelitian Ardha (2003), secara kimia fly ash merupakan material oksida anorganik yang mengandung silika dan alumina aktif karena sudah melalui proses pembakaran pada suhu tinggi. Bersifat aktif yaitu dapat bereaksi dengan komponen lain dalam komposisinya untuk membentuk material baru (mulite) yang tahan terhadap suhu tinggi.

Fly ash memiliki butiran yang lebih halus daripada butiran semen dan mempunyai sifat hidrolis. Fly ash bila digunakan sebagai bahan tambah atau pengganti sebagian semen maka tidak sekedar menambah kekuatan mortar, tetapi secara mekanik fly ash ini akan mengisi ruang kosong (rongga) di antara butiran-butiran dan secara kimiawi akan memberikan sifat hidrolis pada kapur mati yang dihasilkan dari proses hidrasi, dimana mortar hidrolis ini akan lebih kuat daripada mortar udara (kapur mati dan air) (Suhud,1993)

Dengan adanya tambahan air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh fly ash akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat. Pakar teknologi beton yang bermukim di Kanada (Malhotra,2001) mempelopori riset penggunaan fly ash dalam proporsi cukup besar (hingga 60-65% dari total semen portland yang dibutuhkan) sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam proses pembuatan mortar.

Fly ash termasuk bahan pozzolan buatan karena sifatnya yang pozzolanik, partikel halus tersebut dapat bereaksi dengan kapur pada suhu kamar dengan media air sehingga membentuk senyawa yang bersifat mengikat. Fly ash dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti



pemakaian sebagian semen, baik untuk adukan (mortar) maupun untuk campuran beton. Keuntungan lain dari pemakaian fly ash adalah dapat meningkatkan ketahanan/keawetan mortar terhadap ion sulfat. (Hidayat,1986).

Dalam perkembangannya, fly ash tidak hanya digunakan untuk mengganti sebagian semen tetapi dapat juga digunakan sebagai pengganti seluruh semen. Dengan demikian fly ash difungsikan dengan bahan alkaline dan sebagai aktivatornya digunakan NaOH dan sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) sehingga terjadi proses polimerisasi yang selanjutnya dapat mengikat agregat-agregat.

## 2. Karakteristik Fly Ash

### a. Sifat kimia fly ash

**Tabel 2. 1** Tabel komposisi kimia fly ash dalam persen berat

$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	CaO	MgO	LOI
52.16	36.08	8.4	1.38	0.12	1.91

**Tabel 2. 2** Tabel komposisi kimia fly ash tipe C (PLTU Paiton)

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji Fly Ash PLTU Paiton
1.	Berat Jenis	$\text{g} / \text{cm}^3$	1.43
2.	Kadar Air	% berat	0.20
3.	Hilang Pijar	% berat	0.43
4.	$\text{SiO}_2$	% berat	62.49
5.	$\text{Al}_2\text{O}_3$	% berat	6.36
6.	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	% berat	16.71

7.	CaO	% berat	5.69
8.	MgO	% berat	0.79
9.	S(SO <sub>4</sub> )	% berat	7.93

(Rahmi, 2005)

**Tabel 1.3** Tabel persyaratan kandungan kimia fly ash**Tabel 2. 3** Tabel persyaratan kandungan kimia fly ash

Senyawa	Kelas Campuran Mineral		
	F (%)	N (%)	C (%)
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	70	70	50
SO <sub>3</sub>	4	5	5
Moisture content	3	3	3
Loss of Ignition	10	6	6
Alkali Na <sub>2</sub> O	1.5	1.5	1.5

(ASTM C 618-96 volume 04.02)

**b. Sifat fisik fly ash**

Sifat fisik fly ash menurut **ACI Manual of Concrete Practice 1993 Parts 1 226.3R-6** adalah :

1. Specific gravity 2.2 – 2.8
2. Ukuran  $\phi$  1 mikron -  $\phi$  1 mm dengan kehalusan 70% - 80% lolos saringan no.200 (75 mikron)
3. Kehalusan :
  - % tertahan ayakan 0.075 mm : 3.5
  - % tertahan ayakan 0.045 mm : 19.3
  - % sampai ke dasar : 77.2

**Tabel 2. 4** *Tabel susunan sifat fisik fly ash*

No.	Uraian	Kelas F (%)	Kelas C (%)
1.	Kehalusan sisa di atas ayakan 45 $\mu\text{m}$	34.0	34.0
2.	Indeks keaktifan pozolan dengan PC (kelas I) pada umur 28 hari	75.0	75.0
3.	Air	105.0	105.0
4.	Pengembangan dengan Autoclave	0.8	0.8

(ASTM C 618 – 91 (dalam husin, 1998))

**Tabel 2. 5** *Tabel persyaratan fisik fly ash*

No.	Persyaratan Fisika	Kelas Campuran Mineral		
		F (%)	N (%)	C (%)
1.	Jumlah yang tertahan ayakan 45 $\mu\text{m}$ (ro.325)	34	34	34
2.	Indeks aktivitas kekuatan :			
	Dengan semen umur 7 hari	75	75	75
	Dengan semen umur 28 hari	75	75	75
3.	Kebutuhan air	115	105	105
4.	Autoclave ekspansi atau contraction	0.8	0.8	0.8
5.	Density	5	5	5
6.	% tertahan ayakan 45 $\mu\text{m}$	5	5	5

(ASTM C 618 – 96 volume 04.02)

### 3. Klasifikasi Jenis Fly Ash

Fly ash dapat dibedakan menjadi 3 jenis ( **ACI Manual of Concrete Practice 1993 Parts 1 226.3R-3**), yaitu :

a. Kelas C

1. Fly ash yang mengandung CaO lebih dari 10%, dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub bitumen batubara.
2. Kadar ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) > 50%
3. Kadar  $\text{Na}_2\text{O}$  mencapai 10%
4. Pada campuran beton digunakan sebanyak 15% - 35% dari total berat binder.

b. Kelas F

1. Fly ash yang mengandung CaO kurang dari 10%, dihasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batubara.
2. Kadar ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) > 70%
3. Kadar  $\text{Na}_2\text{O}$  < 5%
4. Pada campuran beton digunakan sebanyak 15% - 25% dari total berat binder.

c. Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomic, opaline chert dan shales, tuff dan abu vulkanik, dimana bisa diproses melalui pembakaran atau tidak. Selain itu juga berbagai hasil pembakaran yang mempunyai sifat pozzolan yang baik.

Dari ketiga jenis fly ash di atas yang bisa digunakan sebagai geopolimer adalah jenis fly ash yang memiliki kandungan CaO rendah dan kandungan Si dan Al lebih dari 50% yaitu fly ash tipe C dan F karena Si dan Al merupakan

unsur yang utama dalam terjadinya proses geopolimerisasi. Dari penelitian terdahulu (Kosnatha dan Prasetio, 2007) geopolimer yang menggunakan fly ash tipe C menghasilkan kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan fly ash tipe F baik yang menggunakan curing dengan oven maupun pada suhu ruang.

#### 2.2.5.3 Alkali activator (Sodium Silikat dan Sodium Hidroksida)

Sodium silikat dan sodium hidroksida digunakan sebagai alkaline activator (Hardjito, et.al, 2004). Sodium silikat mempunyai fungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi. Sedangkan sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam fly ash sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat.

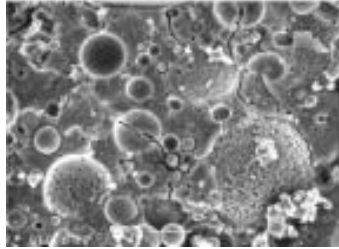
##### 1. Sodium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )

Sodium silikat merupakan salah satu bahan tertua dan yang paling aman yang sering digunakan di dalam industri kimia. Proses produksinya yang lebih sederhana menyebabkan sodium silikat berkembang dengan cepat sejak tahun 1818. Sodium silikat dapat dibuat dengan 2 proses yaitu proses kering dan proses basah. Pada proses kering, pasir ( $\text{SiO}_2$ ) dicampur dengan sodium carbonate ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) atau dengan potassium carbonate ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) pada temperatur 1100 - 1200°C. Hasil reaksi tersebut menghasilkan kaca (cullets) yang dilarutkan ke dalam air dengan tekanan tinggi menjadi cairan yang kering dan agak kental. Sedangkan pada proses pembuatan basah, pasir ( $\text{SiO}_2$ ) dicampur dengan sodium hidroksida ( $\text{NaOH}$ )

melalui proses filtrasi sehingga menghasilkan sodium silikat yang murni.

Sodium silikat terdapat dalam 2 bentuk, yaitu padatan dan larutan. Untuk campuran mortar lebih banyak digunakan sodium silikat dengan bentuk larutan. Sodium silikat pada mulanya digunakan sebagai campuran dalam pembuatan sabun. Tetapi dalam perkembangannya sodium silikat dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan, antara lain untuk bahan campuran semen, pengikat keramik, campuran cat serta dalam beberapa keperluan seperti kertas, tekstil dan serat. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa sodium silikat dapat digunakan untuk bahan campuran dalam beton (Hartono.F.,Budi.G.,2002). Dalam penelitian ini, sodium silikat digunakan sebagai alkali activator.

Sodium silikat ini merupakan salah satu larutan alkali yang berperan penting dalam proses polimerisasi karena sodium silikat mempunyai fungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi. Reaksi terjadi secara cepat ketika larutan alkali banyak mengandung larutan silika seperti sodium silikat, dibandingkan reaksi yang terjadi akibat larutan alkali yang banyak mengandung larutan hidroksida. Pada **Gambar 2.6** ditunjukkan campuran fly ash dengan sodium silikat yang diamati dalam ukuran mikrostruktur. Terlihat bahwa campuran antara fly ash dan sodium silikat membentuk ikatan yang sangat kuat namun banyak terjadi retakan-retakan antar mikrostruktur.



**Gambar 2. 6** Scanning Electron Microscopy (SEM) dari campuran antara fly ash dengan sodium silikat

## 2. Sodium Hidroksida (NaOH)

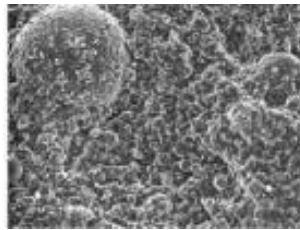
Sodium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik atau natrium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Sodium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Digunakan di berbagai macam bidang industry, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen. Sodium hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia.

Sodium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pellet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50%. Bersifat lembab cair dan secara spontan menyerap karbondioksida dari udara bebas. NaOH sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan. NaOH juga larut dalam etanol dan methanol, walaupun kelarutan NaOH dalam kedua cairan ini lebih kecil daripada kelarutan KOH. NaOH tidak larut dalam dietil eter dan pelarut non-polar lainnya. Larutan sodium hidroksida akan meninggalkan noda kuning pada kain dan kertas.

Sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam fly ash

sehingga dapat menghasilkan ikatan polymer yang kuat. Sebagai activator, sodium hidroksida harus dilarutkan terlebih dahulu dengan air sesuai dengan molaritas yang diinginkan. Larutan ini harus dibuat dan didiamkan setidaknya 24 jam sebelum pemakaian. (Hardjito et.al,2005).

Pada **Gambar 2.7** menunjukkan campuran fly ash dengan sodium hidroksida yang diamati dalam ukuran mikrostruktur. Terlihat bahwa campuran antara fly ash dan sodium hidroksida membentuk ikatan yang kurang kuat tetapi menghasilkan ikatan yang lebih padat dan tidak ada retakan seperti pada campuran sodium silikat dan fly ash.



**Gambar 2. 7** Scanning Electron Microscopy (SEM) dari campuran antara fly ash dengan sodium hidroksida

#### 2.2.5.4 Superplaztilizer

Superplaztilizer yang digunakan adalah Rheobuild 900i dengan fungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Kadar pengurangan air dalam bahan ini lebih tinggi sehingga diharapkan kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi dengan air yang sedikit.

#### 2.2.6. Perawatan beton geopolimer

Sama seperti pada beton semen, proses perawatan pada beton geopolimer juga akan menentukan kualitas



betonnya. Ada tiga jenis metoda perawatan yang dapat dilakukan terhadap beton geopolimer, yaitu :

1. Rawat normal, yaitu merawat dengan cara membiarkan betok berada dalam ruangan selama 28 hari, pada suhu ruang  $\pm 34^{\circ}\text{C}$ .

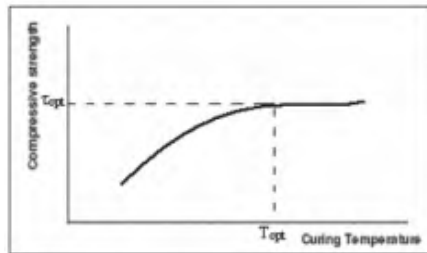


**Gambar 2. 8** Perawatan Beton Pada suhu Ruang

2. Perawatan menggunakan oven, yaitu memasukkan beton ke dalam oven dengan menaikkan temperaturnya, sehingga mempercepat proses hidrasi dan kekuatan pada beton dapat dipercepat pula. Kuat tekan geopolimer berbahan dasar *fly ash* yang diperkeras pada suhu  $60^{\circ}\text{C}$  dan waktu ikat 24 jam adalah sekitar 60 Mpa.



**Gambar 2. 9** Perawatan Beton Pada suhu Ruang



**Gambar 2. 10** Pengaruh Suhu terhadap Kekuatan

3. Perawatan dengan air laut, yaitu memasukkan beton ke dalam ruangan air lau yang bersifat korosif selama 26 hari sesuai dengan penelitian sebelumnya.



**Gambar 2. 11** Perawatan Pada Air Laut

### 2.2.7. Literatur tentang balok beton geopolimer geser

Penelitian geser yang sudah ada sebelumnya seperti yang ditulis oleh *Chang E.H* dalam artikelnya yang berjudul “*Shear Behaviour of Reinforced Fly Ash-Based Geopolymer Concrete Beams*” hanya meneliti perilaku geser beton geopolimer dengan perbandingan volume besi. Sedangkan di penelitian kami akan meneliti tentang perilaku geser balok beton geopolimer geser untuk perawatan di oven, ruang dan laut.

### 2.2.8. Pengujian beton geopolimer

#### 1. Kuat Tekan

Tes ini didasarkan pada ASTM Designation: C 39 – 94 tahun 1996 (Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens). Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Secara matematis kuat tekan beton dinyatakan sebagai berikut:

$$f'c = \frac{P}{A}$$

dimana:

$f'c$  = Kuat Tekan Beton (MPa)

P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Penampang (mm<sup>2</sup>)

#### 2. Porosity

Porositas merupakan persentase pori-pori atau ruang kosong dalam beton terhadap volume benda. Prosedur pengujian porositas menurut ASTM C 642 – 90, “Standard Test Method for Specific Gravity, Absorption, and Voids in Hardened Concrete”.

### 3. UPV (Ultraviolet Pulse Velocity)

Test UPV ini adalah test yang digunakan untuk mengetahui kepadatan beton dengan cara mengubah energi gelombang listrik yang dibangkitkan oleh pembangkit pulsa *transducer* pengirim/*transmitter* (T) menjadi energi gelombang mekanik yang selanjutnya merambat pada beton.

Setelah sampai pada *transducer* penerima/*receiver* (R) energi gelombang tadi diubah menjadi energi gelombang listrik yang selanjutnya melewati penguat dan akhirnya dihitung/ditampilkan dalam satuan waktu tempuh.

$$V = \frac{L}{T} \dots \dots \dots (3.3)$$

Dimana :

- V = Kec. Rambat gelombang *ultrasonic* (km/sec)
- L = Jarak tempuh (mm)
- T = Waktu tempuh gelombang *ultrasonic* (sec)

### 4. Hammer Test

Hammer Test yaitu suatu alat pemeriksaan mutu beton tanpa merusak beton. Metode pengujian ini dilakukan dengan menggunakan beban intact (tumbukan) pada permukaan beton dengan menggunakan suatu masa yang diaktifkan dengan menggunakan energi yang besarnya tertentu. Jarak pantulan yang timbul dari massa tersebut pada saat terjadi tumbukan dengan permukaan benda uji dapat memberikan indikasi kekerasan setelah dikalibrasi

### 5. Pengujian sampel kuat tarik belah

Pengujian kuat tarik dengan cara uji tarik belah (*splitting test*) dengan mengambil standar pengujian berdasarkan ASTM C 496 – 90 dilakukan pada saat beton berumur 28 hari.

## 6. Kuat Geser

Pengujian Kuat Geser terhadap struktur beton adalah untuk mengetahui seberapa besar kekuatan beton Geopolimer dalam menahan gaya geser dibanding beton normal.

### **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **1.1 UMUM**

Penelitian ini meliputi tiga rangkaian penelitian, yaitu mencari literatur, desain eksperimen, dan eksperimen utama.

a) Mencari literatur

Sebelum melakukan penelitian kami mencari beberapa literatur yang berkaitan dengan *geopolymer*, *fly ash* dan larutan senyawa kimia lainnya. Sumber kami peroleh dari beberapa studi pustaka mengenai material yang akan digunakan sebagai bahan penelitian dan menentukan kebutuhan data apa saja yang akan digunakan pada ( *curing* ) beton geopolimer dengan pengaruh air laut.

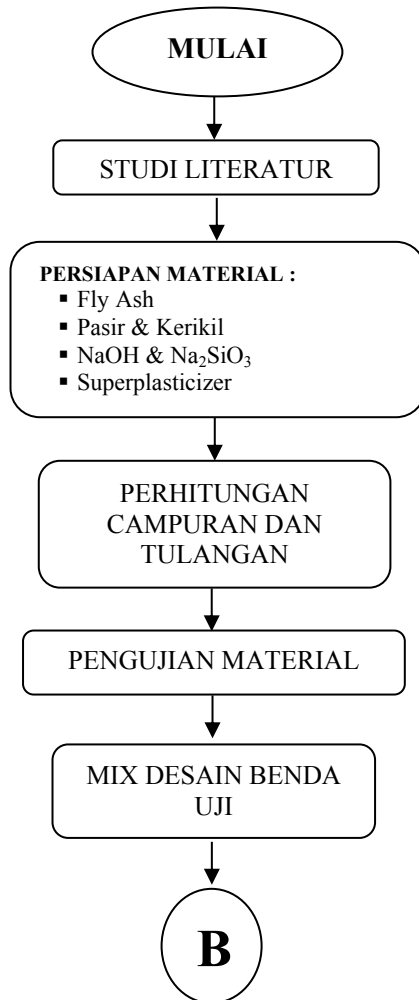
b) Desain Eksperimen / Eksperimen Pendahuluan

Desain eksperimen adalahh jenis eksperimen macam apakah yang akan digunakan untuk menjawab penelitian ini.

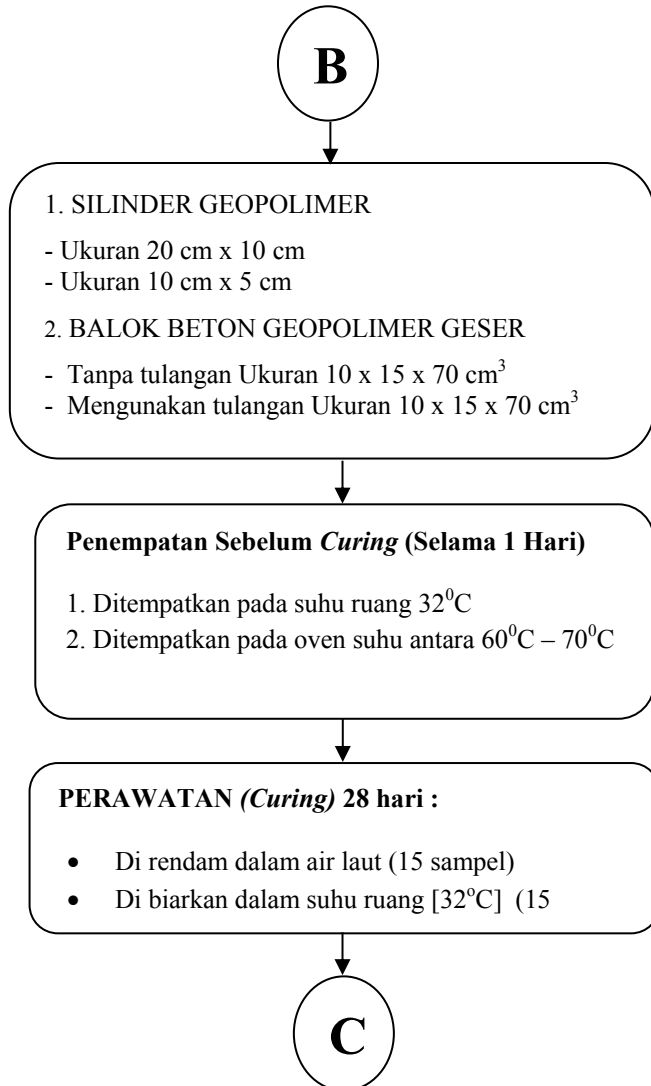
c) Eksperimen Utama

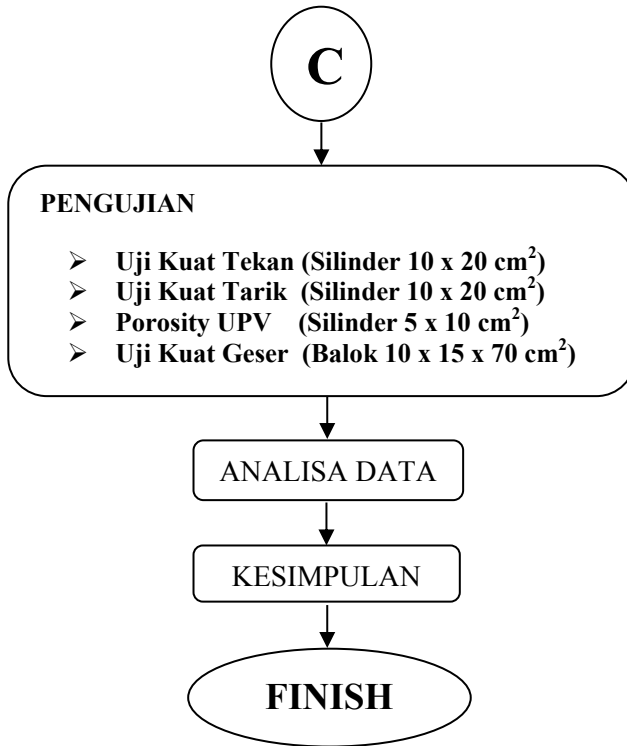
Membuat balok beton geopolimer dan silinder sesuai kemudian akan diuji Kuat Tekan, Porosity, UPV (Ultrasonic Pulse Velocity), Hammer Test, dan Kuat Geser.

Berikut adalah diagram alir penelitiannya:









**Gambar 3. 1** Diagram Alir Penelitian

### 3.2. STUDI LITERATUR

Dalam menyusun proyek akhir ini dengan baik maka yang pertama kali dilakukan adalah dengan melakukan studi literatur mengenai bahan-bahan serta mix design dari beton geopolimer melalui internet maupun segala macam jurnal penelitian yang mempunyai sangkutan dengan beton geopolimer.

### 3.3. DESAIN EKSPERIMEN

Untuk menjawab tujuan dari penelitian diatas desain eksperimen yang dipakai adalah desain eksperimen

laboratory, karena semua kegiatan yang akan dilakukan ini dilakukan di laboratorium.

### 3.4. PERSIAPAN MATERIAL

#### 3.4.1 Fly Ash

Fly Ash pada penelitian ini digunakan sebagai pozolan (alat pengganti pengikat dari beton) dimana fly ash itu sendiri mengandung kadar oksidasi silikat dan aluminium oksida yang sangat tinggi. Selain itu fly juga berguna untuk mengurangi penggunaan dari aktivator yang berfungsi untuk mengikat dari beton geopolimer. Fly ash yang digunakan disini berasal dari limbah batu bara di PLTU Paiton, Probolinggo, Jawa Timur. Untuk mengetahui adanya senyawa senyawa kimia yang terkandung dalam fly ash tersebut akan di uji dengan tes XRD (X-Ray Diffraction) dan XRF di laboratorium Energi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

#### 3.4.2 Alkali Aktivator

Di dalam proses pembuatan beton geopolimer ini menggunakan alkali aktivator *Sodium Silikat* ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dan larutan *Sodium hidroksida* (NaOH) yang berfungsi untuk terjadinya pengikatan dalam proses pembuatan beton geopolimer. Untuk tingkat kemolaran dari larutan NaOH yang dipakai sebesar 14M.

1. untuk membuat 1 liter larutan NaOH 14 M adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{➤ } n &= M \times V \\ &= 14 \text{ mol/liter} \times 1 \text{ liter} \\ &= 14 \text{ Mol} \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} n &= \text{jumlah mol zat terlarut} \\ M &= \text{Kemolaran larutan} \\ V &= \text{Volume larutan} \end{aligned}$$

Mr NaOH = 40 (penjumlahan Ar dari unsur-unsur penyusun senyawa, yaitu Na = 23, O = 16, H = 1)

$$\begin{aligned}\text{Massa NaOH} &= n \times \text{Mr} \\ &= 14 \text{ mol} \times 40 \text{ gram/mol} \\ &= 560 \text{ gram}\end{aligned}$$

- Menimbang NaOH seberat 480 gram
- Memasukan NaOH ke dalam labu ukur dengan kapasitas 1000 cc / 1 liter.
- Menambahkan aquades ke dalam labu ukur sampai volumenya 1 liter.
- Kemudian diaduk sampai larut.

### 3.4.3 Agregat halus

Agregat halus yang digunakan dalam pengujian ini berupa pasir pertambangan yang dihasilkan dari penambangan di berbagai daerah. Agregat halus harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

**a. Kelembapan Pasir (*ASTM C556 – 89*).**

Hasil kelembapan pasir harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh ASTM C 556-89, yaitu sebesar 1% - 5%.

**b. Berat Jenis Pasir (*ASTM C 128 – 93*)**

Hasil berat jenis pasir harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh ASTM C 128-93, yaitu sebesar 1,66 – 3,30 gr/cm<sup>3</sup>.

**c. Air Resapan Pasir (*ASTM C 128 – 93*)**

Hasil air resapan pasir harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh ASTM C 128-93, yaitu maksimal 4,0%.

**d. Berat Volume Pasir (*ASTM C 29/C 29 M-91* ).**

Hasil berat volume pasir lepas/rojak harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh ASTM C 29/C 29 M-91, yaitu maksimal 4,0 gr/dm<sup>3</sup>.

**e. Kebersihan Pasir Terhadap Bahan Organik (*ASTM C 40-92* ).**

Hasil percobaan kebersihan pasir terhadap bahan organik harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh ASTM C 40-92.

**f. Test Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur (Pencucian) (ASTM C 117-95)**

Hasil percobaan kebersihan pasir terhadap lumpur harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh ASTM C 117-95, yaitu maksimal 5,0%

**g. Analisa Saringan Pasir (ASTM C 1366-95 A)**

Hasil percobaan analisa saringan pasir harus memenuhi persyaratan yang ditentukan oleh ASTM C 1366-95 A

### **3.4.4 Agregat kasar**

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini berupa batu pecah yang berasal dari berbagai daerah dengan ukuran Agregat :

1. 5 mm – 10 mm
2. 10 mm – 20 mm
3. 20 mm – 30 mm

Agregat kasar harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

**a. Kelembapan Batu Pecah (ASTM C 556-89)**

Hasil kelembapan batu pecah harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh ASTM C 556-89, yaitu sebesar 0,5% - 2,0%.

**b. Berat Jenis Batu Pecah (ASTM C 127-88 Reapp. 93)**

Hasil berat jenis batu pecah harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh ASTM C 127-88 Reapp 93, yaitu sebesar 1,60 – 3,20. gr/cm<sup>3</sup>

**c. Air Resapan Batu Pecah (ASTM C 127-88 Reapp. 93)**

Hasil air resapan batu pecah harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh ASTM C 127-88 Reapp 93, yaitu maksimal 4,0%.

**d. Berat Volume Batu Pecah (*ASTM C 29/ C 29 M – 91 A*)**

Hasil berat volume batu pecah lepas/rojek harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh ASTM C 29/C 29 M-91 A, yaitu maksimal.

**e. Test Kebersihan Batu Pecah Terhadap Lumpur (Pencucian) (*ASTM C 117-95*)**

Hasil kebersihan terhadap lumpur harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh ASTM C 117-95, yaitu maksimal 1%.

**f. Analisa Saringan batuh pecah (*ASTM C 136-95 A*)**

Hasil percobaan analisa saringan batu pecah harus memenuhi persyaratan yang ditentukan oleh ASTM C 136-95 A

### **3.5. PENGUJIAN MATERIAL**

Sebelum digunakan untuk proses produksi material harus dilakukan pengujian guna mengetahui karakteristik material seperti **ASTM** di atas, adapun material yang akan diuji yaitu:

#### **3.5.1. Pengujian agregat halus**

Sebelum pasir digunakan, pasir harus diuji terlebih dahulu. Adapun langkah – langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

##### **3.5.1.1 KELEMBABAN PASIR**

###### **➤ TUJUAN**

Untuk mengetahui atau menentukan kelembaban pasir dengan cara kering.

###### **➤ STANDART UJI**

ASTM C 556 - 89

###### **➤ ALAT DAN BAHAN**

1. Oven
2. Neraca Orchaus
3. Neraca digital ( 4 MD GF – 6000)
4. Sarung tangan tebal
5. Dua buah loyang
6. Pasir

➤ **LANGKAH KERJA**

1. Pasir dalam keadaan asli ditimbang sebanyak 500 gram.
2. Pasir dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan temperatur ( $110^{\circ} \pm 5^{\circ}$  ).
3. Keluarkan pasir dari oven, setelah dingin pasir ditimbang beratnya.

### **3.5.1.2 BERAT JENIS PASIR**

➤ **TUJUAN**

Menentukan berat jenis pasir pada kondisi SSD (Saturated Surface Dry

➤ **STANDART UJI**

ASTM C 128 - 93

➤ **ALAT DAN BAHAN**

1. Labu takar 1000 Cc
2. Timbang digital
3. Loyang
4. Pasir SSD
5. Air

➤ **LANGKAH KERJA**

1. Penyiapan pasir untuk kondisi SSD :
  - a. Rendam pasir 24 jam, selanjutnya angkat dan tiriskan hingga airnya hilang.
  - b. Tempatkan kerucut SSD pada bidang datar yang tidak menghisap air.

- c. Isi kerucut SSd 1/3 tingginya dan rojok 9 kali, isi lagi 1/3 tinggi dan rojok 8 kali, isi lagi 1/3 tinggi dan rojok 8 kali.
  - d. Ratakan permukaannya dan angkat kerucutnya, bila pasir masih berbentuk kerucut maka pasir belum SSD.
  - e. Keringkan lagi bila dan ulangi lagi pengisian dengan prosedur sebelumnya, bila kerucut diangkat dan pasir gugur tetapi berpuncak maka pasir sudah dalam kondisi SSD dan siap untuk digunakan dalam pengujian.
2. Timbang labu takar 1000 cc.
  3. Timbang pasir kondisi SSD sebanyak 500 gram, dan masukkan pasir kedalam labu takar dan timbang.
  4. Isi labu takar yang berisi pasir dengan air bersih hingga penuh.
  5. Pegang labu takar yang sudah berisi air dan pasir posisi miring, putar kiri dan kanan hingga gelembung-gelembung udara dalam pasir keluar.
  6. Sesudah gelembung-gelembung keluar tambahkan air kedalam labu takar hingga batas kapasitas dan timbang (w1).
  7. Keluarkan pasir dan air dalam labu takar kemudian labu takar bersihkan, lalu isi labu takar dengan air sampai batas kapasitas dan timbang.

### **3.5.1.3 AIR RESPAN PASIR**

- **TUJUAN**  
Menentukan kadar air resapan pasir.
- **STANDART UJI**  
ASTM C 128 -93
- **ALAT DAN BAHAN**



- a) Loyang
- b) Timbangan
- c) Oven
- d) Pasir

➤ **LANGKAH KERJA**

1. Timbang Loyang dalam keadaan kosong.
2. Timbang pasir SSD pada loyang sebanyak 500 gr ( tidak termasuk berat loyang ).
3. Masukkan pasir dan loyang kedalam oven selama 24 jam ( $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{ c}$ ).
4. Setelah 24 jam pasir dikeluarkan dan didinginkan lalu ditimbang.

### 3.5.1.4 BERAT VOLUME PASIR

➤ **TUJUAN**

Menentukan berat volume pasir baik dalam keadaan lepas maupun padat.

➤ **STANDART UJI**

ASTM 129-91

➤ **ALAT DAN BAHAN**

Alat :

1. Silinder volume 3 liter
2. Silinder volume 10 liter
3. Timbangan

Bahan :

1. Pasir

➤ **LANGKAH KERJA**

1. *Tanpa rojokan atau lepas.*
  - a. Silinder dalam keadaan kosong ditimbang.
  - b. Silinder diisi dengan pasir sampai penuh dan angkat setinggi 1 cm jatuhkan ke lantai sebanyak 3 kali, kemudian ratakan permukaannya.

- c. Timbang silinder yang sudah terisi pasir penuh.
2. *Dengan rojokan.*
  - a. Silinder dalam keadaan kosong ditimbang.
  - b. Silinder diisi dengan pasir  $\frac{1}{3}$  bagian, kemudian dirojok sebanyak 25 kali demikian hingga penuh dan tiap bagian dirojok 25 kali.
  - c. Permukaannya diratakan.
  - d. Timbang silinder yang sudah terisi pasir penuh.

#### **3.5.1.5 KEBERSIHAN PASIR TERHADAP BAHAN ORGANIK**

- **TUJUAN**  
Penentuan kadar zat organik di dalam agregat yang digunakan di dalam adukan beton.
- **STANDART UJI**  
ASTM C 40-92
- **ALAT DAN BAHAN**
  1. Botol bening
  2. Pasir
  3. Larutan NaOH 3%
- **LANGKAH KERJA**
  1. Isikan agregat halus yang diuji ke dalam botol sampai  $\pm 130$  ml.
  2. Tambahkan larutan NaOH 3% sampai 200 ml dan tutup rapat dan kocok botol  $\pm 10$  menit.
  3. Diamkan selama 24 jam.
  4. Selanjutnya amati warna cairan di atas permukaan agregat halus yang ada dalam botol, kemudian bandingkan warnanya.

5. Jika warna cairan dalam botol berisi agregat lebih tua warnanya dari pembanding, berarti data agregat berkadar zat organik yang terlalu tinggi.

#### **3.5.1.6 KEBERSIHAN PASIR TERHADAP LUMPUR (PENCUCIAN)**

➤ **TUJUAN :**

Untuk menentukan banyaknya kadar lumpur dalam pasir.

➤ **STANDART UJI**

ASTM C 33-93

➤ **ALAT DAN BAHAN**

1. Alat

- Timbangan analitis.
- Saringan berdiameter 0,297.
- Pan atau cawan terbuat dari porselin atau logam tahan karat.
- Oven pemanas.

2. Bahan

- Pasir kondisi kering oven.
- Air PAM

➤ **LANGKAH KERJA**

1. Timbang pasir kering oven sebanyak 500 gram ( $W_1$ ).
2. Pasir dicuci dengan air PAM hingga bersih, dengan cara mengaduk pasir dengan air berkali-kali hingga tampak bening.
3. Tuangkan air cucian ke dalam saringan berdiameter 0,297 berkali-kali.
4. Pasir yang ikut tertuang dan tinggal di atas saringan dikembalikan ke pan.

5. Masukkan pasir ke dalam oven dengan suhu  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  selama 24 jam.
6. Setelah 24 jam, pasir diangkat dan dinginkan lalu timbang beratnya ( $W_2$ ).

### 3.5.1.7 ANALISA SARINGAN PASIR

#### ➤ TUJUAN

Untuk menentukan distribusi ukuran butir/gradasi pasir.

#### ➤ STANDART UJI

ASTM C 1366-95

#### ➤ ALAT DAN BAHAN

##### 1. Alat

- a) Ayakan dengan 7 (tujuh) tingkat
- b) No. 1 berdiameter 4,75 mm
- c) No. 2 berdiameter 2,36 mm
- d) No. 3 berdiameter 1,18 mm
- e) No. 4 berdiameter 0,6 mm
- f) No. 5 berdiameter 0,3 mm
- g) No. 6 berdiameter 0,15 mm
- h) No. 7 ayakan tertutup
- i) Timbangan
- j) Loyang
- k) Alat penggetar listrik

##### 2. Bahan

Pasir kering oven sebesar 1000 gram

#### ➤ LANGKAH KERJA

1. Timbang pasir sebanyak 1000 gram.
2. Bersihkan saringan dengan kuas atau sikat kemudian disusun.
3. Masukkan pasir ke dalam ayakan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan di atas dan digetarkan dengan mesin penggetar selama 10 menit.

4. Pasir yang tertinggal pada tiap-tiap ayakan ditimbang.
5. Perlu untuk kontrol berat pasir keseluruhan = 1000 gram.
6. Menggambar hasil presentase saringan pada grafik.

### **3.5.2. Pengujian agregat kasar**

Sebelum kerikil (batu pecah) digunakan, kerikil harus diuji terlebih dahulu. Adapun langkah – langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

#### **3.5.2.1 KELEMBABAN BATU PECAH**

##### **➤ TUJUAN**

Untuk mengetahui atau menentukan kelembaban kerikil dengan cara kering.

##### **➤ STANDART UJI**

ASTM C 556 - 89

##### **➤ ALAT DAN BAHAN**

1. Oven
2. Timbangan
3. Loyang / pan

##### **➤ LANGKAH KERJA**

1. Tempat ditimbang
2. kerikil dalam keadaan asli ditimbang sebanyak 1000 gram
3. Pasir dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan temperatur  $(110^{\circ} \pm 5^{\circ})$ .
4. Keluarkan pasir dari oven, setelah dingin kerikil + tempat ditimbang beratnya.
5. Untuk menemtukan kerikil setelah dioven yaitu berat kerikil + tempat dikurangi berat tempat timbang itu sendiri

### 3.5.2.2 BERAT JENIS BATU PECAH

➤ **TUJUAN**

Untuk memperoleh serta mengetahui berat jenis SSD kerikil atau batu pecah..

➤ **STANDART UJI**

ASTM C 127-88-93)

➤ **ALAT DAN BAHAN**

1. Alat :

- a) Kain lap
- b) Ember
- c) Loyang
- d) Neraca

2. Bahan :

1. Kerikil atau betu pecah
2. Air

➤ **LANGKAH KERJA**

1. Kerikil di rendam di dalam bak selama 24 jam.
2. Setelah melewati 24 jam kemudian kerikil diangkat dan dilap satu per satu.
3. Kemudian timbang kerikil sebanyak 3000 gram.
4. Masukkan keranjang yang berisi kerikil SSD dalam air.
5. Timbang berat dalam air (keranjang dan kerikil)

### 3.5.2.3 AIR RESAPAN BATU PECAH

➤ **TUJUAN**

Menentukan kadar air resapan kerikil.

➤ **STANDART UJI**

ASTM C 127 - 88

➤ **ALAT DAN BAHAN**

1. Alat :

- a) Timba
- b) Oven

- c) Lap kain
- d) Timbangan
- 2. Bahan :
  - a) Kerikil 3000 gram
  - b) Air

➤ **LANGKAH KERJA**

- 1. Timbang kerikil kondisi SSD sebanyak 3000 gram.
- 2. Masukkan oven selama 24 jam.
- 3. Kerikil atau batu pecah dikeluarkan dan setelah dingin ditimbang beratnya.

### 3.5.2.4 BERAT VOLUME BATU PECAH

➤ **TUJUAN**

Menentukan berat volume batu pecah atau kerikil baik dalam keadaan lepas maupun padat.

➤ **STANDART UJI**

ASTM C 29/C 29M – 91a

➤ **ALAT DAN BAHAN**

Alat :

- 1. Takaran 10L (10000cc)
- 2. Timbangan atau neraca
- 3. Alat perojok

Bahan :

- 1. Kerikil

➤ **LANGKAH KERJA**

- 1. Tanpa rojokan atau lepas
  - a) Takaran dalam keadaan kosong ditimbang.
  - b) Takaran diisi dengan kerikil sampai penuh dan diangkat setinggi 1 cm jatuhkan ke lantai sebanyak 3 kali, kemudian ratakan permukaannya.
  - c) Timbang takaran yang sudah terisi kerikil penuh.
- 2. Dengan rojokan

- a) Takaran dalam keadaan kosong ditimbang.
- b) Takaran berisi kerikil  $\frac{1}{3}$  bagian, kemudian dirojok 25 kali (lakukan seperti tersebut 2kali lagi sampai penuh).
- c) Permukaannya diratakan.
- d) Timbang takaran yang sudah terisi kerikil penuh.

### **3.5.2.5 KEBERSIHAN BATU PECAH TERHADAP LUMPUR**

#### **➤ TUJUAN**

Mengetahui kadar lumpur pada kerikil.

#### **➤ STANDART UJI**

ASTM C 117 - 95

#### **➤ ALAT DAN BAHAN :**

##### **1. Alat :**

- a) Saringan # 0,063 mm
- b) Loyang
- c) Timbangan
- d) Ember
- e) Oven

##### **2. Bahan :**

- a) Kerikil
- b) Air

#### **➤ LANGKAH KERJA :**

1. Timbang batu pecah kering oven sebanyak 1000 gram.
2. Batu pecah dicuci hingga bersih, yaitu dengan mengaduk kerikil dengan air berkali-kali hingga tampak bening.
3. Tuangkan air cucian ke dalam saringan No. 200 berkali-kali.
4. Kerikil yang ikut tertuang dan tinggal di atas saringan kembalikan ke Loyang.



5. Kemudian kerikil dioven dengan suhu  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam.
6. Setelah 24 jam, keluarkan kerikil dari oven dan timbang lagi, lalu catat hasil timbangan.

### **3.5.2.6 KEBERSIHAN BATU PECAH TERHADAP LUMPUR**

#### **➤ TUJUAN**

1. Untuk mengetahui jumlah dan prosentase kerikil yang lolos datertinggal di ayakan.
2. Untuk menganalisa ukuran kerikil menurut zona ayakan.

#### **➤ STANDART UJI**

ASTM C 136 -95 a

#### **➤ ALAT DAN BAHAN**

1. Saringan
2. Saringan  $1\frac{1}{2}$ "
3. Saringan  $\frac{3}{4}$ "
4. Saringan  $\frac{3}{8}$ "
5. Timba 2 buah
6. Loyang 1 buah
7. Neraca 1 buah
8. Kerikil 16 kg

#### **➤ LANGKAH KERJA**

1. Timbang kerikil sebanyak 16 kg
2. Masukkan ke dalam susunan saringan:
3.  $1\frac{1}{2}$ ";  $\frac{3}{4}$ ";  $\frac{3}{8}$ ";
4. Getarkan ayakan / saringan dengan tangan selama beberapa menit lalu timbang berat kerikil yang tertinggal pada masing-masing saringan.
5. Masing-masing yang tertinggal pada saringan ditimbang dan dicatat.

### 3.6. PERHITUNGAN CAMPURAN DAN TULANGAN

#### 3.5.1 Perhitungan Mix Desain

Penelitian ini menggunakan metode pendekatan desain beton geopolimer sesuai dengan beton semen konvensional. Hal ini berarti kedua jenis beton tersebut didesain dengan kuat tekan rencana yang sama menurut standar perhitungan beton konvensional. Karena sampai saat ini belum terdapat standar mengenai desain campuran (mix design) beton geopolimer, maka untuk mencapai target kuat tekan beton geopolimer tertentu, peran pasta semen pada beton semen diganti dengan pasta geopolimer.

Mengacu pada penelitian terdahulu, maka komposisi yang dipakai dalam beton geopolimer ini terdiri dari kemolaran sebesar 14M, dengan perbandingan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dan NaOH sebesar 1,5, Fly Ash : Alkali sebesar 70 : 30, Agregat : binder 70 : 30 dan Agregat kasar : halus 60 : 40.

#### 4.3.2.1 *Perhitungan mix desain per $1\text{m}^3$* (dengan komposisi 14M, 1.5, 70 : 30, 60 : 40)

***Massa  $1\text{m}^3$  beton geopolimer disamakan dengan beton normal menjadi  $2400\text{kg/m}^3$***

1. Massa beton geopolimer = Massa agregat + massa binder
2. Massa Agregat =  $70\% \times \text{Massa beton Geopolimer}$   
 $= 70\% \times 2400 \text{ kg}$   
 $= 1680 \text{ kg}$
4. Perbandingan massa agregat kasar : agregat halus = 60 : 40
  - Agregat kasar =  $60\% \times \text{massa agregat}$   
 $= 1008 \text{ kg}$
  - Agregat Halus =  $40\% \times \text{massa Agregat}$   
 $= 672 \text{ kg}$

5. Massa pasta =  $30\% \times \text{massa beton Geopolimer}$   
= 720 kg
6. Massa Fly Ash =  $70\% \times \text{massa binder}$   
= 504 kg
7. Massa alkali =  $30\% \times \text{massa binder}$   
= 216 kg
8. Massa alkali = massa sodium silikat + massa sodium hidroksida.  
(Sodium hidroksida yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebesar 14M.)  
Untuk menentukan berapa besar massa sodium hidroksida dan sodium silikat yang digunakan, dapat dihitung menggunakan perbandingan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 / \text{NaOH} = 1,5$   
Maka  $1,5\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SiO}_3$   
 $216 \text{ kg} = 1,5\text{NaOH} + \text{NaOH}$   
 $424,115 \text{ gram} = 2,5 \text{ NaOH}$   
 $\text{NaOH} = 86,4 \text{ kg}$   
 $\text{Na}_2\text{SiO}_3 = 129,6 \text{ kg}$
9. Berat Superplastisizer =  $3\% \times \text{fly Ash}$   
= 5,04 kg
10. Tambahan Air ke SP =  $1\% \times \text{Fly Ash}$   
= gram
11. Tambahan Air ke Alkali =  $1\% \times \text{Fly Ash}$   
= 5,04 kg

Jadi material yang dibutuhkan untuk membuat  $1\text{m}^3$  beton geopolimer adalah

Kerikil	= 1008 kg
Pasir	= 672 kg
Fly Ash	= 504 kg
NaOH	= 86,4 kg
$\text{Na}_2\text{SiO}_3$	= 129,6 kg
Air	= 10,8 kg
Superplazticier	= 5,04 kg

### 3.5.2. Perhitungan penulangan gagal geser

Untuk mendapatkan beton yang mengalami gagal geser maka, tulangan lentur pada beton harus diperkuat dan berikut adalah perhitungannya :

#### 1. Perhitungan P ultimate pada lentur:

Direncanakan:

➤ Tulangan Lentur	= 12 mm
➤ Tulangan Geser	= 6 mm
➤ Cover	= 10 mm
➤ $f'_c$	= 50 Mpa
➤ $f_y$	= 500 Mpa
➤ b	= 10 mm
➤ h	= 15 mm
➤ L	= 60 mm

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ (aktual)} &= n \cdot A_s \\
 &= n \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 12^2 \\
 &= 226 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tinggi efektif (d) = h - cover - tulangan geser - 0,5 tulangan lentur

$$\begin{aligned}
 &= 150 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 6 \text{ mm} - 6 \text{ mm} \\
 &= 128 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \\
 &= \frac{226 \cdot 500}{0,85 \cdot 50 \cdot 10} \\
 &= 26,61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 226.50. \left(128 - \frac{26,61}{2}\right) \\
 &= 12971634 \text{ Nmm} \\
 \phi Mn &= Mu \\
 Mu &= 0,8 * 12971634 \text{ Nmm} \\
 &= 11025889,38 \text{ Nmm} \\
 Mu &= 0,25 Pu.L + 0,125 qu.L^2 \\
 Pu &= 5,3 \text{ Ton (Lentur)}
 \end{aligned}$$

## 2. Perhitungan P ultimate untuk Geser

$$\begin{aligned}
 Vc &= \frac{1}{6} \sqrt{f'c} bw d \\
 &= \frac{1}{6} \sqrt{50} 10 128 \\
 &= 9786 \text{ N} \\
 Av &= n.0,25. \pi. d^2 \\
 &= 2.0,25. \pi. 6^2 \\
 &= 56,5 \text{ mm}^2 \\
 Vs &= \frac{Av.fy.d}{S} \text{ (Direncanakan jarak } S=20\text{cm)} \\
 &= \frac{Av.fy.d}{S} \\
 &= \frac{56,5.500.128}{200} \\
 &= 10958 \text{ N} \\
 Vn &= Vc + Vs \\
 &= 9786 + 10958 \\
 &= 20834 \text{ N} \\
 Vn &= \frac{1}{2} P \\
 P &= 2.Vn
 \end{aligned}$$

$$= 41668 \text{ N}$$

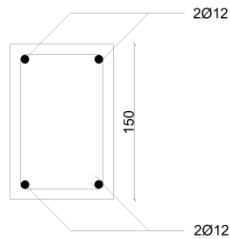
$$= 4,16 \text{ Ton}$$

Agar terjadi gagal geser, maka P lentur harus lebih besar dari pada P geser

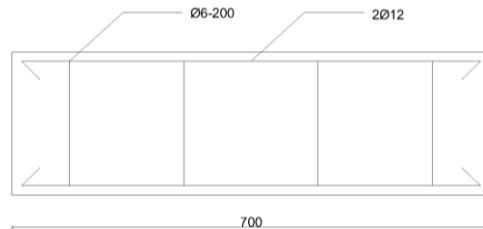
$$P \text{ Lentur} = P \text{ Geser}$$

$$5,3 \text{ Ton} > 4,16 \text{ Ton (Memenuhi)}$$

Sketsa :



**Gambar 3. 2** Potongan melintang balok



**Gambar 3. 3** Potongan memanjang balok

### 3.6. METODE PEMBUATAN BENDA UJI

#### 3.6.1. Pembuatan campuran beton

##### 3.6.1.1. Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahap pendukung di awal proses pembuatan. Hal-hal yang termasuk di dalamnya diantaranya :

##### 1) Persiapan Peralatan

- a] *Concrete mixer*, dalam tahap persiapan ini *concrete mixer* harus dibersihkan dulu, dipastikan bebas material – material lain yang tidak digunakan. Untuk volume *concrete mixer* yang akan digunakan dalam penelitian ini berukuran  $\pm 120$  Liter
- b] Bekisting, sesuai dengan ukuran benda uji yang telah disebutkan di atas. Sebelum pencetakan, dinding – dinding bekisting diberi pelumas agar mempermudah sewaktu membuka bekisting. Serta pemasangan tulangan untuk balok yang menggunakan penulangan.



**Gambar 3. 4** Persiapan bekisting silinder



**Gambar 3. 5** Pemberian pelumas dan pemasangan besi pada bekesting

- c] 1 set peralatan *slump test*
- d] Timba, dan peralatan penunjang lainnya.
- e] *Oven*, untuk *curing* beton geopolimer.

## 2) Persiapan Bahan

### a] Prekursor

Bahan prekursor yang digunakan adalah abu terbang (*fly ash*) yang berasal dari Paiton. Sebelum digunakan untuk produksi, *fly ash* terlebih dahulu diuji XRD untuk mengetahui tipe *fly ash* yang nantinya akan berpengaruh pada proses polimerisasi.

### b] Aktivator alkali

Aktivator yang digunakan pada percobaan ini adalah campuran natrium silikat dengan natrium hidroksida. Natrium hidroksida yang digunakan adalah yang sudah dicampur ke air dengan kadar kemolaran adalah 14M dilarutkan dalam natrium silikat yang berbentuk seperti cairan lem.

### c] Agregat

Agregat mineral yang digunakan berupa agregat kasar dan agregat halus dari hasil penyaringan limbah sisa beton semen dan agregat non-limbah.



d] Air

Air yang digunakan harus memenuhi syarat untuk bahan beton pada umumnya, yaitu air dengan kualitas air minum.

### 3.6.1.2. Pembuatan Campuran Beton (Mixing) & Uji Slump Beton

Proses pencampuran dilakukan setelah melakukan proses desain, dimana komposisi berat tiap bahan beton telah ditentukan sesuai dengan kriteria yang diinginkan menurut standart desain beton konvensional. Proses pencampuran meliputi rangkaian kegiatan berikut ini :

- 1) Mencampur agregat kasar dan agregat halus dalam mixer. Kemudian nyalakan mixer selama beberapa menit agar material tersebut tercampur, kemudian masukan fly ash ke dalam mixer dan nyalakan lagi



**Gambar 3. 6** Proses pencampuran pasir, kerikil dan fly ash

- 2) Membuat larutan aktivator alkali. Masukan Sodium Silikat yang sudah diukur sesuai perhitungan kedalam timba lalu masukan Natrium Silikat kedalam timba yang sudah berisi Sodium Silikat, aduk hingga kedua larutan tersebut menjadi homogen (biasanya ditandai dengan kenaikan suhu), kemudian yang terakhir tambahkan SP

dan air yang telah dihitung ke campuran larutan tersebut.



**Gambar 3. 7** Alkali aktivator yang dicampur agar menjadi homogen

- 3) Masukkan alkali aktivator dan SP yang sudah tercampur ke dalam concrete mixer, nyalakan hingga kedua larutan tersebut dalam kondisi homogen.



**Gambar 3. 8** Pencampuran agregat dan mortar ke dalam concrete mixer

- 4) Setelah campuran sudah menjadi homogen, tuangkan larutan tersebut ke dalam wadah sebelum dilakukan proses pencetakan.



5)

**Gambar 3. 9** Memindahkan beton yang sudah tercampur dalam mixer kedalam wadah

Melakukan tes slump untuk mengetahui besar slump yang didapat.



**Gambar 3. 10** Pengujian slump test

#### 3.6.1.3. Pencetakan (Moulding)

Metode pencetakan berperan dalam menentukan kepadatan dan homogenitas beton pada saat keras, serta besar pori yang timbul. Proses pencetakan meliputi rangkaian kegiatan berikut ini:

- 1) Pastikan dinding-dinding bekisting telah diberi pelumas (plastik untuk bekisting beton geopolimer), dan bekisting telah bersih dari segala macam benda asing.
- 2) Beton segar yang telah tercampur dengan baik dimasukkan ke dalam bekisting. Proses pencetakan dibagi menjadi tiga lapisan, tiap lapisan dipadatkan dengan menggunakan batang besi sebanyak 60 kali tusukan. Perilaku balok beton. Pada bekisting geser, banyak tusukan yang diberikan ditentukan sampai kondisi beton terlihat padat.



**Gambar 3. 11** Pemadatan menggunakan batang besi

#### 3.6.1.4. Proses Pengerasan (Hardening)

Berbeda dengan material semen yang menghasilkan panas hidrasi tinggi, material geopolimer membutuhkan energi aktivasi tambahan untuk mempercepat proses polimerisasi. Hal ini disebabkan karena panas yang dihasilkan kurang tinggi. Agar proses perkerasan berlangsung cepat, benda uji yang telah dicetak masing-masing dimasukkan ke dalam oven dengan suhu  $\pm 60^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 24$  jam, dan hanya ditempatkan pada suhu ruangan  $32^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 24$  jam sampai mengeras, dimana beton yang telah mengeras diindikasikan dengan kondisi

pada saat pelepasan bekisting beton tidak mengalami keruntuhan.

#### 3.6.1.5. Perawatan (Curing)

Setelah beton yang dicetak mengeras selama satu hari di dalam bekisting kemudian bekisting dibongkar dan beton geopolimer dirawat, perawatan beton geopolimer ini dibagi empat Kondisi:

##### 1. Kondisi pertama (Oven Ruang)

Beton geopolimer yang sudah mengeras, ditempatkan di dalam oven selama  $\pm 24$  jam untuk mempercepat proses kimia, kemudian ditempatkan di ruangan selama 26 hari.



**Gambar 3. 12** Perawatan oven ruang

## 2. Kondisi kedua (Oven Laut)

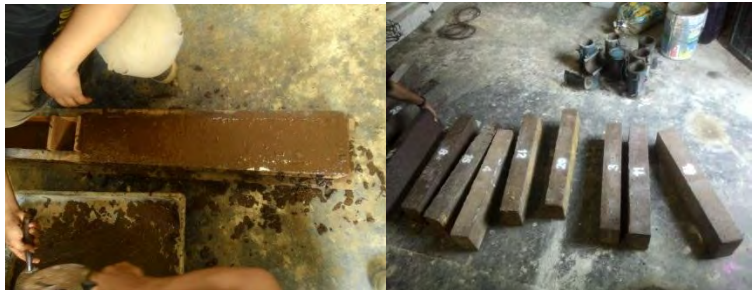
Beton geopolimer yang sudah dibongkar dari bekesting, ditempatkan di dalam oven selama  $\pm 24$  jam, kemudian dibiarkan di air laut selama 26 hari



**Gambar 3. 13** Perawatan oven laut

## 3. Kondisi ketiga (Tanpa Oven Ruang)

Beton geopolimer yang sudah mengeras dalam bekesting selama 1 hari dibongkar dan kemudian diletakan di dalam ruangan selama 27 hari



**Gambar 3. 14** Perawatan tanpa oven ruang

#### 4. Kondisi keempat (Tanpa Oven Laut)

Beton geopolimer yang sudah mengeras dalam bekesting selama 1 hari dibongkar dan kemudian diletakan di dalam ruangan selama 27 hari



**Gambar 3. 15** Perawatan tanpa oven laut

Kode untuk masing masing perawatan:

- O.R : Perawatan dengan menggunakan oven selama 24 jam kemudian diletakan di suhu ruang hingga umur mencapai 28 hari
- O.L : Perawatan dengan menggunakan oven selama 24 jam kemudian diletakan di laut hingga umur mencapai 28 hari
- TO.L : Perawatan tanpa menggunakan oven kemudian diletakan di suhu ruang hingga umur mencapai 28 hari
- TO.R : Perawatan tanpa menggunakan oven kemudian diletakan di laut hingga umur mencapai 28 hari

### 3.6.2. Pengujian Beton Geopolimer

#### 3.6.2.1 Melakukan Uji Kuat Tekan

➤ TUJUAN

Untuk mengetahui besar kuat tekan beton

➤ STANDART UJI

ASTM C 823-75

➤ ALAT

Bending Test Machine

➤ LANGKAH KERJA

1. Ratakan permukaan beton yang akan di test tekan dengan belerang cair atau lebih dikenal dengan istilah caping agar gaya tekan pada beton lebih merata pada semua permukaan beton. Tunggu sampai caping mengering.
2. Angkat beton dan letakkan pada alat tekan dan pilih permukaan yang telah di caping tadi sebagai beban yang terbebani.
3. Mesin diturunkan secara perlahan dengan kecepatan konstan.
4. Catat berapa besar kuat tekannya yang muncul pada layar digital
5. Beban yang keluar dalam satuan Ton, hitung dengan rumus:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

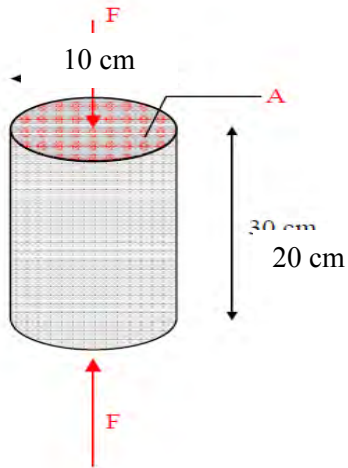
Dimana :

$\sigma$  = Besar kuat tekan beton geopolimer ( kg/cm<sup>2</sup>)

P = Besar beban yang membebani beton geopolimer (kg)



A = Luas yang terbebani oleh P ( $\text{cm}^2$ )



**Gambar 3. 16** Sketsa pembebanan kuat tekan

### 3.6.2.2 *Melakukan test uji Porosity*

- TUJUAN
  - Mengetahui besar pori – pori pada beton
- STANDAR UJI
  - RILEM CPC (11.3)
- ALAT
  - Timbangan
  - Oven
  - Piknometer
- LANGKAH KERJA
  1. Beton yang sudah di curing selama 28 hari lalu beton di letakkan pada alat vacum selama 24 jam guna menghilangkan udara di dalamnya
  2. Kemudian tambahkan air ke dalam alat vacum hingga semua bagian beton terendam oleh air, kemudian vacum lagi selama minimal 16 jam
  3. Setelah itu ambil beton yang sudah di vacum dalam air, keringkan guna mengetahui beton sewaktu SSD, dan timbang beton di dalam air guna mengetahui berat jenis beton
  4. Setelah ditimbang masukan beton ke dalam oven, oven beton selama 24 jam pada suhu 105<sup>0</sup>C
  5. Timbang dan catat beton dalam keadaan kering, hitung porositas dengan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{W_{sa} - W_d}{W_{sa} - W_{sw}} \times 100. \dots \dots \dots (3.1)$$

Dimana :

- P = Total Porositas (%)
- W<sub>sa</sub> = Berat benda uji jenuh air di udara (gr)
- W<sub>sw</sub> = Berat benda uji jenuh air di dalam air (gr)
- W<sub>d</sub> = Berat benda uji setelah dioven pada suhu 105<sup>0</sup>C selama 24 jam (gr)

### 3.6.2.3 *Melakukan test uji UPV (ULTRASONIC PULSE VELOCITY)*

- TUJUAN  
Mengetahui kerapatan struktur beton
- STANDAR UJI  
**BS 1881-203; ASTM C597**
- ALAT  
Alat uji UPV
- LANGKAH KERJA
  1. Persiapkan benda uji yang akan di test
  2. Olesi kedua alat permukaan UPV dengan stamped, sebagai perantara penyalur gelombang
  3. Letakan permukaan alat yang sudah di beri stamped pada permukaan beton, tunggu hingga gelombang transversal dapat diterima alat UPV
  4. Catat nilai yang muncul pada alat UPV dan hitung dengan cara:

$$V = \frac{L}{T} \dots \dots \dots (3.3)$$

Dimana :

- V = Kec. Rambat gelombang *ultrasonic* (km/sec)
- L = Jarak tempuh (mm)
- T = Waktu tempuh gelombang *ultrasonic* (sec)

### 3.6.2.4 *Melakukan Hammer Test*

- TUJUAN  
Mengetahui kuat tekan beton
- STANDAR UJI  
ASTM G80S-89
- ALAT  
Alat uji Hammer Test

➤ LANGKAH KERJA

1. Persiapkan beton yang akan di uji
2. Cari permukaan yang rata agar beton tidak bergoyang
3. Lakukan hammer test pada permukaan beton sebanyak 10 kali
4. Catat rata – rata hasil pengujian tersebut

**3.6.2.5 Melakukan test kuat tarik belah beton geopolimer  
(test sifat mekanik) (ASTM C 496-94)**

➤ TUJUAN

Mengetahui kerapatan struktur beton

➤ STANDAR UJI

ASTM C 496-94

➤ ALAT

Alat uji UPV

➤ LANGKAH KERJA

1. Persiapkan benda uji yang akan di test
2. Letakan beton diatas Bending Test Machine dengan posisi tidur
3. Uji beton tersebut hingga beton terbagi menjadi 2
4. Catat nilai yang muncul pada layar digital dan hitung dengan cara:

$$\sigma_c = \frac{2.P}{L.d} \dots \dots \dots (3.4)$$

Dimana :

$\sigma_c$  = besar kuat tarik ( kg/cm<sup>2</sup>)

P = besar beban yang membebani beton geopolimer (kg)

L = tinggi beton geopolimer (cm)

d = diameter beton geopolimer (cm)

### 3.6.2.6 Uji Kuat Geser

➤ TUJUAN

Mengetahui kerapatan struktur beton

➤ STANDAR UJI

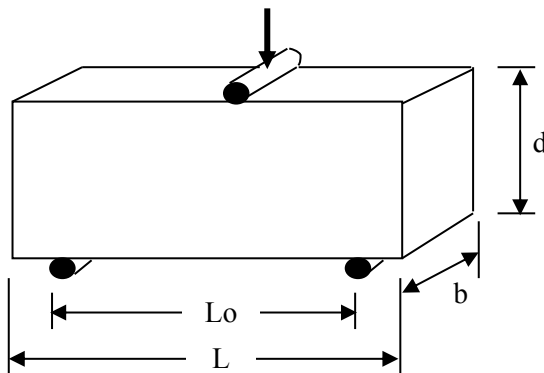
**BS 1881-203; ASTM C597**

➤ ALAT

Alat uji UPV

➤ LANGKAH KERJA

1. 1 Balok beton bertulang diuji terhadap beban statik.
2. Tumpuan benda uji balok adalah rol-rol.
3. Pembebanan dilakukan dengan sistim beban terpusat tepat berada di tengah
4. Pembebanan dilakukan dengan bantuan *hydraulic jack* dan *load cell* yang masing-masing mempunyai kapasitas 50 ton.
5. Pencatatan beban dan defleksi dicatat dalam komputer.



**Gambar 3. 17** Skesa pembebanan kuat geser

Seperti yang diperlihatkan oleh **Gambar 3.17** diatas, pengujian geser yang dilakukan adalah dengan data-data sebagai berikut:

$$L = 70 \text{ cm}$$

$$L_o = 60 \text{ cm}$$

$$b = 10 \text{ cm}$$

$$d = 15 \text{ cm}$$

## **BAB IV**

### **HASIL DAN ANALISA**

#### **4.1. UMUM**

Pada bab ini akan menjelaskan bagaimana hasil dari beton geopolimer berdasarkan masing - masing komposisi yang telah di rencanakan.

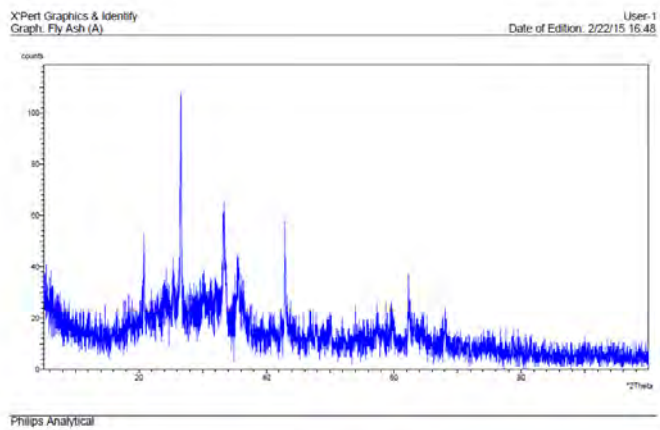
Bab ini juga disajikan dalam bentuk tabel dan grafik kemudian dilakukan pembahasan mengenai hasil dari berbagai pengujian dari beton geopolimer.

#### **4.2. HASIL PENGUJIAN MATERIAL**

Pada sub bab ini menjelaskan berbagai hasil dari jenis material dari beton geopolimer sebelum pengerjaan dari beton geopolimer. Adapun hasil dari tes pemeriksaan material beton geopolimer adalah sebagai berikut:

##### **4.4.1. Fly Ash**

Penelitian ini menggunakan Fly Ash dari PLTU Paiton, Probolinggo, Jawa Timur. Tes yang dilakukan terhadap material fly ash ialah tes XRD dan XRF. Tes ini dilakukan untuk mengetahui senyawa yang dikandung oleh fly ash. Ada beberapa tes Fly ash untuk mengetahui komposisi dari fly ash tersebut. Adapun tes tersebut adalah sebagai berikut:



**Gambar 4. 1** Hasil test uji XRD pada fly ash

**Tabel 4. 1** Tabel kandungan material pada fly ash

Senyawa	Kadar %
SiO <sub>2</sub>	23,32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,74
CaO	10,74
MgO	2,28
Na <sub>2</sub> O	0,27
K <sub>2</sub> O	1,2
TiO <sub>2</sub>	0,68
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,62
SO <sub>3</sub>	0,94
P <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,17
MnO	0,1
SrO	0,51



#### 4.4.2. Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus yang digunakan berupa pasir pertambangan dari daerah lumajang. Pengujian terhadap bahan pasir berupa uji fisik yang dilakukan di laboratorium beton diploma teknik sipil FTSP ITS surabaya. Dengan beberapa pengujian yang tertera sebagai berikut :

- a. Kelembaban pasir (ASTM C556-89)  
Lampiran 2
- b. Berat jenis pasir (ASTM C128-93)  
Lampiran 3
- c. Air Resapan Pasir (ASTM C128-93)  
Lampiran 4
- d. Pengembangan volume pasir (ASTM C29/C29 M-91)  
Lampiran 5
- e. Kebersihan Pasir Terhadap Bahan Organik (ASTM C40-92)  
Lampiran 6
- f. Test Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur (Pencucian) (ASTM C 117-95 )  
Lampiran 7

Adapun hasil dari tes pemeriksaan Agregat halus dari material beton geopolimer akan tertera pada tabel 4.2 sebagai berikut:

***Tabel 4. 2 Tabel hasil pengujian fisik material pasir***

Jenis pengujian	Hasil Pengujian Pasir	Standart ASTM	Keterangan
Kelembaban	1,96 %	5%	Memenuhi
Berat jenis	2,76 gr/cm <sup>3</sup>	3,30 gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
Resapan pasir	3 %	4%	Memenuhi
Pengembangan Volume Pasir	20%	25%	Memenuhi
Kadar Organik	No.2	No.6	Memenuhi
Kadar lumpur	1,638 %	5,00 %	Memenuhi

#### 4.4.3. Agregat Kasar (Kerikil)

Agregat kasar yang digunakan berupa batu pecah dengan ukuran maksimum 30mm berasal dari quarry di daerah Mojokerto. Pengujian terhadap agregat kasar berupa uji fisik yang dilakukan di laboratorium beton diploma teknik sipil FTSP ITS Surabaya. Dengan beberapa pengujian yang tertera sebagai berikut :

- a. Kelembaban batu pecah (ASTM C556-89)  
Lampiran 8
- b. Berat jenis batu pecah (ASTM C127-88)  
Lampiran 9
- c. Air Resapan batu pecah (ASTM C127-88)  
Lampiran 10
- d. Berat volume batu pecah (ASTM C29/C29 M-91)  
Lampiran 11
- e. Test Kebersihan batu pecah Terhadap Lumpur (Pencucian) ( ASTM C 117-95 )  
Lampiran 12

***Tabel 4. 3 Tabel hasil pengujian fisik material kerikil***

Jenis pengujian	Hasil batu pecah	Standart ASTM	Keterangan
Kelembaban	1,296%	2%	Memenuhi
Berat jenis	2,68 gr/cm <sup>3</sup>	3,20 gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
Resapan kerikil	1,52 %	1-2%	Memenuhi
Berat volume (Rojok)	1,25 gr/dm <sup>3</sup>	0,4-1,9 gr/dm <sup>3</sup>	Memenuhi
Berat volume (Lepas)	1,37 gr/dm <sup>3</sup>	0,4-1,9 gr/dm <sup>3</sup>	Memenuhi
Kadar lumpur	0,64 %	1 %	Memenuhi
Analisa Ayakan		Fkr = 8,83	

#### 4.3. HASIL UJI SILINDER BETON GEOPOLIMER

Pada sub bab ini dibagi menjadi 2 (dua) pengujian, yaitu pengujian sewaktu beton masih segar dan pengujian setelah beton telah berusia 28 hari.

##### 4.3.1. Pengujian sewaktu beton masih segar

Pengujian yang dimaksud ini adalah pengujian yang dilakukan sewaktu produksi di tempat, pengujian dapat dilakukan dengan cara test slump. Uji Slump ini dilakukan untuk menentukan konsistensi/kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran beton segar (fresh concrete) untuk menentukan tingkat workability nya.

Dari beberapa pengujian slump di dapat hasil sebagai berikut:

***Tabel 4. 4 Tabel hasil uji slump***

No	Besar slump (cm)	Rata – rata (cm)
Uji Slump - 1	26	23
Uji Slump - 2	23	
Uji Slump - 3	19	

Dari data pengujian slump diatas jika dibandingkan dengan SNI untuk slump sangatlah rendah, karena pada SNI nilai slump untuk  $f_c' = 22,5$  MPa adalah 12 cm. Hal ini disebabkan karena pengaruh Supperplastilizer yang senyawa kimia yang dapat menyebabkan nilai slump mengalami kemerosotan hingga 200 mm atau lebih tinggi.



***Gambar 4. 2 Pengujian Slump***

#### 4.3.2. Pengujian beton sewaktu berusia 28 hari

Pengujian ini dilakukan pada usia beton telah mencapai kekuatan maksimum yaitu telah berusia 28 hari. Pengujian yang dilakukan antara lain:

##### 4.3.2.1 Kuat tekan

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton usia 28 hari yang dilakukan di DIII-FTSP ITS.

*1. Pengujian kuat tekan silinder  $\varnothing 10 \times 20 \text{ cm}^2$*

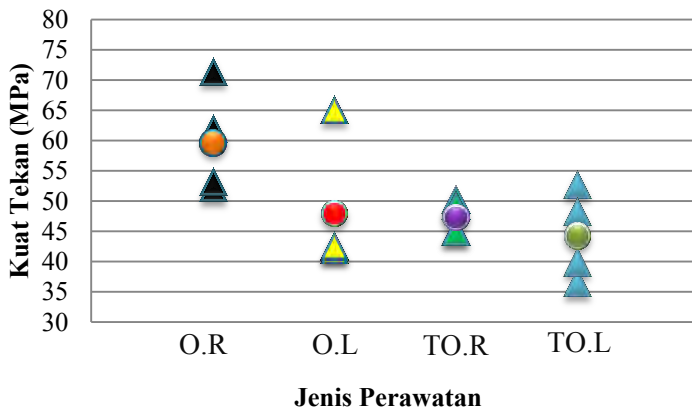
**Tabel 4. 5** *Tabel pengujian kuat tekan pada silinder beton geopolimer*

No	Kode Benda Uji	Oven	Curing	Mutu beton N/mm <sup>2</sup>	Mutu rata rata N/mm <sup>2</sup>
1	S1	Oven	Ruang	71,428	59,69563
2	S2	Oven	Ruang	62,006	
3	S9	Oven	Ruang	52,126	
4	S10	Oven	Ruang	53,221	
5	S3	Oven	Laut	65,06254	48,00236
6	S4	Oven	Laut	42,0169	
7	S11	Oven	Laut	42,39	
8	S12	Oven	Laut	42,54	
9	S5	Tanpa Oven	Ruang	50,165	47,33025
10	S6	Tanpa Oven	Ruang	44,945	
11	S13	Tanpa Oven	Ruang	44,94	
12	S14	Tanpa Oven	Ruang	49,27	
13	S7	Tanpa Oven	Laut	52,712	44,30697
14	S8	Tanpa Oven	Laut	48,255	
15	S15	Tanpa Oven	Laut	36,41	
16	S16	Tanpa Oven	Laut	39,85	

Berdasarkan **Tabel 4.5** diatas dari empat perawatan yang berbeda didapatkan kuat tekan terkecil adalah 44,3 MPa yaitu dengan kondisi dirawat tanpa menggunakan oven dilanjutkan di curing dilaut sampai umur 28 hari. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Faizin dan Rahardian perbandingan kuat

tekan sangatlah signifikan karena pada penelitian terdahulu hanya mencapai 25 MPa.

Hal ini mungkin disebabkan karena tipe Sodium Silikat yang digunakan untuk penelitian tahun lalu memiliki kadar air lebih tinggi dibandingkan Sodium Silikat yang digunakan untuk penelitian tahun ini.

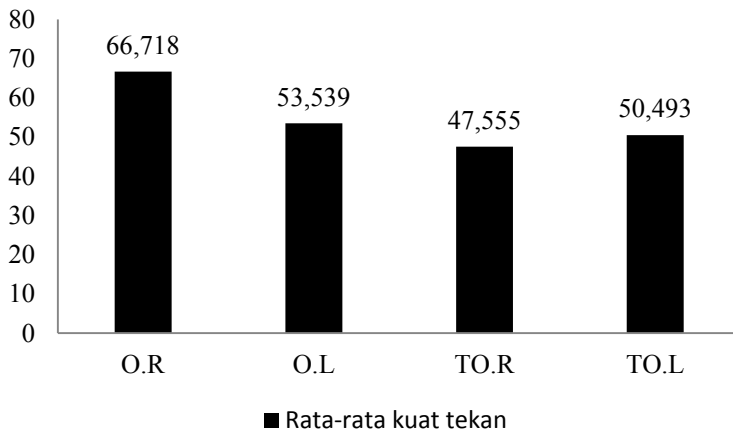


**Grafik 4. 1** Grafik pengujian Kuat Tekan pada silinder

**LEGENDA**

- O.R = Oven Ruang
- O.L = Oven Laut
- T.O.R = Tanpa Oven Ruang
- T.O.L = Tanpa oven laut

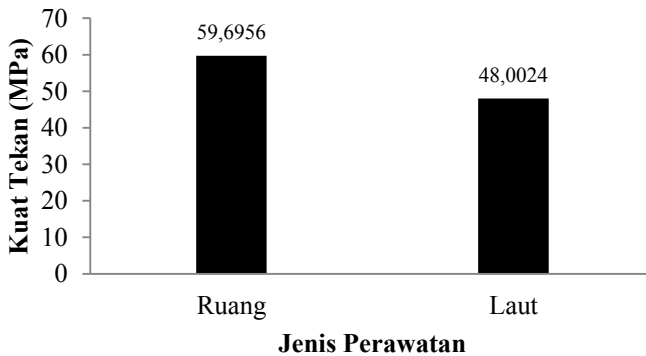




**Grafik 4. 2** Grafik perbandingan pengujian kuat tekan terhadap masing-masing perawatan

2. *Analisa pengujian kuat tekan beton silinder  $\varnothing 10 \times 20 \text{ cm}^2$  yang dirawat dengan menggunakan oven.*

Dari **Tabel 4.5** dan **Grafik 4.2** diatas dapat diketahui bahwa beton geopolimer yang sama – sama dirawat menggunakan oven selama 24 jam dan dicuring di ruang selama hingga mencapai umur 28 hari memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan beton geopolimer yang dirawat di oven namun dicuring di laut hingga umur mencapai hari. Dengan rasio peningkatan kuat tekan beton geopolimer yang dirawat menggunakan oven sebesar 19%. Untuk grafik dapat dilihat pada **Grafik 4.3**

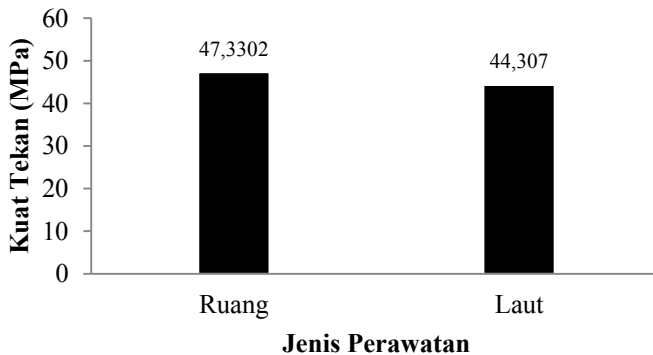


**Grafik 4. 3** Grafik hubungan kuat tekan dengan pengaruh perawatan menggunakan oven selama 24 jam

3. *Analisa pengujian kuat tekan beton silinder  $\varnothing 10 \times 20 \text{ cm}^2$  yang dirawat tanpa menggunakan oven.*

Dari **Tabel 4.5** dan **Grafik 4.2** diatas dapat diketahui bahwa beton geopolimer yang sama – sama dirawat tanpa menggunakan oven dan dicuring di ruang hingga umur mencapai 28 hari memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan beton geopolimer yang dirawat tanpa

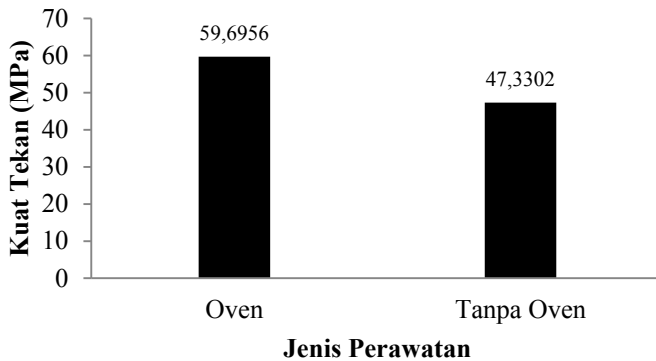
menggunakan oven namun dicuring di laut hingga mencapai umur 28 hari. Dengan rasio kuat tekan beton geopolimer yang dirawat menggunakan oven laut mengalami peningkatan sebesar 21%. Untuk grafik dapat dilihat pada **Grafik 4.4**



**Grafik 4. 4** Grafik hubungan kuat tekan dengan pengaruh perawatan tanpa menggunakan oven

4. Pengujian kuat tekan beton silinder  $\varnothing 10 \times 20 \text{ cm}^2$  yang dirawat di ruangan.

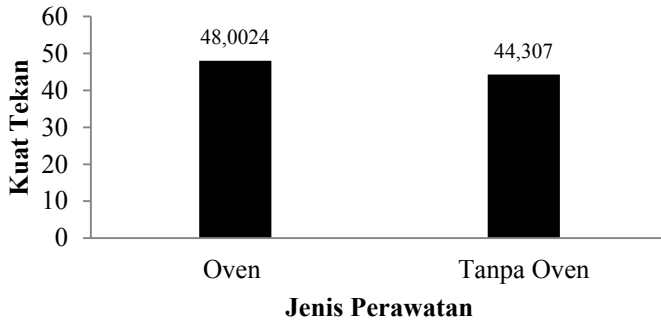
Dari **Tabel 4.5** dan **Grafik 4.2** diatas dapat diketahui bahwa beton geopolimer yang sama – sama dirawat di ruang hingga mencapai umur 28 hari yang sebelumnya ditempatkan ke dalam oven selama 24 jam memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan beton geopolimer yang dirawat di ruang hingga umur mencapai 28 hari namun tidak dirawat menggunakan oven sebelumnya. Dengan rasio kuat tekan beton geopolimer yang dirawat di ruang dan di oven mengalami peningkatan sebesar 7%. Untuk grafik dapat dilihat pada **Grafik 4.5**



**Grafik 4. 5** Grafik hubungan kuat tekan dengan pengaruh perawatan di ruangan selama 26 hari

5. Pengujian kuat tekan beton silinder  $\varnothing 10 \times 20 \text{ cm}^2$  yang dirawat di laut.

Dari **Tabel 4.5** dan **Grafik 4.2** diatas dapat diketahui bahwa beton geopolimer yang sama – sama dirawat di laut hingga mencapai umur 28 hari yang sebelumnya ditempatkan ke dalam oven selama 24 jam memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan beton geopolimer yang dirawat di laut hingga umur 28 hari namun tidak dirawat menggunakan oven sebelumnya. Dengan rasio kuat tekan beton geopolimer yang dirawat di laut dan di oven mengalami peningkatan sebesar 7%. Untuk grafik dapat dilihat pada **Grafik 4.6**



**Grafik 4. 6** Grafik hubungan kuat tekan dengan pengaruh perawatan di laut selama 26 hari

#### 4.3.2.2 Porosity

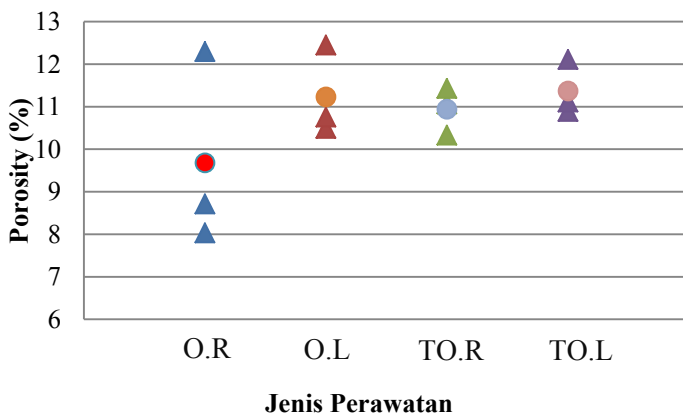
Tes porosity merupakan tes untuk mengetahui kadar pori dari suatu beton, dimana semakin besar kadar porinya maka semakin rendah mutu beton itu. Dalam pengerjaan tes porosity menggunakan empat perawatan yaitu oven ruang, oven laut, tanpa oven ruang dan tanpa oven laut. Adapun hasil dan analisa mengenai kadar pori adalah sebagai berikut :

1. Pengujian porosity beton geopolimer silinder  $\varnothing 5 \times 10 \text{ cm}^2$

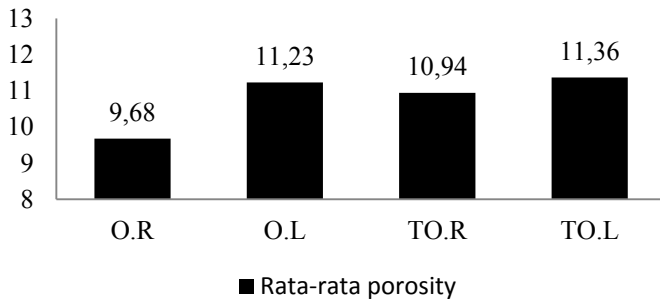
**Tabel 4. 6** Tabel hasil pengujian porosity silinder  $\varnothing 5 \times 10$

No	Benda Uji	Curing	Porosity	Porosity Rata-rata
			%	%
1	1	Oven Ruang	8,713693	9,6803
2	2		8,032129	
3	25		12,29508	

No	Benda Uji	Curring	Porosity	Porosity Rata-rata
			%	%
4	3	Oven Laut	10,48689	11,2307
5	4		10,75697	
6	26		12,44813	
7	5	Tanpa Oven Ruang	10,3321	10,9421
8	6		11,06557	
9	27		11,42857	
10	7	Tanpa Oven Laut	10,8871	11,3692
11	8		11,11111	
12	28		12,10938	



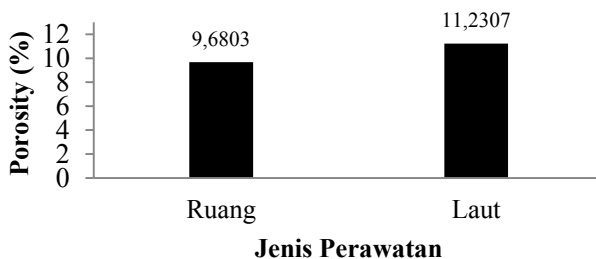
**Grafik 4. 7** Grafik pengujian porosity pada silinder



**Grafik 4. 8** Grafik perbandingan masing-masing pengujian terhadap porosity

2. Analisa pengujian porosity beton silinder  $\varnothing 5 \times 10 \text{ cm}^2$  yang dirawat di oven

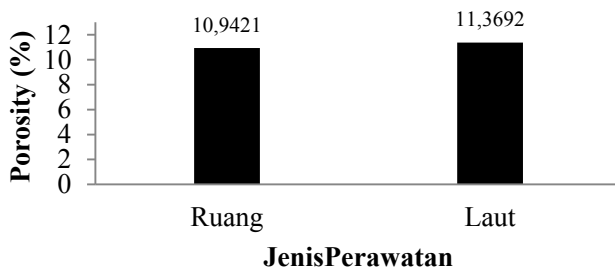
Dari **Tabel 4.4** dan **Grafik 4.7** diatas dapat diketahui bahwa beton geopolimer yang sama – sama dirawat menggunakan oven selama 24 jam dan dicuring di ruang hingga mencapai umur 28 hari memiliki porosity lebih kecil dibandingkan dengan beton geopolimer yang dirawat di oven dan di curing dilaut hingga umur mencapai 28 hari.



**Grafik 4. 9** Grafik hubungan porosity dengan pengaruh perawatan menggunakan oven selama 24 jam

3. *Pengujian porosity beton silinder  $\varnothing 5 \times 10 \text{ cm}^2$  tanpa dirawat tanpa oven*

Dari **Tabel 4.3** dan **Grafik 4.7** diatas dapat diketahui bahwa beton geopolimer yang sama – sama dirawat tanpa menggunakan oven dan dicuring di ruang hingga mencapai umur 28 hari memiliki porosity lebih kecil dibandingkan dengan beton geopolimer yang dirawat tanpa menggunakan oven dan dicuring di laut hingga mencapai umur 28 hari.

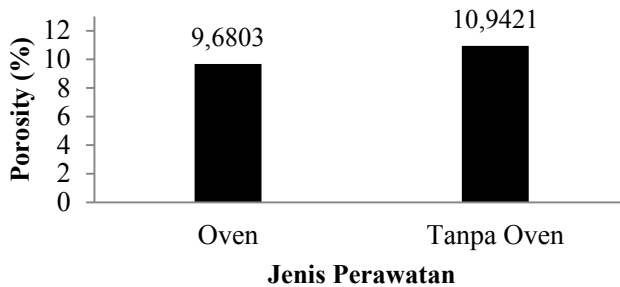


**Grafik 4. 10** *Grafik hubungan porosity dengan pengaruh perawatan menggunakan oven selama 24 jam*

4. *Pengujian beton silinder  $\varnothing 5 \times 10 \text{ cm}^2$  tanpa dirawat di ruangan*

Dari **Tabel 4.3** dan **Grafik 4.2** diatas dapat diketahui bahwa beton geopolimer yang sama – sama dirawat di ruang hingga umur mencapai 28 hari yang sebelumnya ditempatkan ke dalam oven selama 24 jam memiliki porosity lebih kecil dibandingkan dengan beton geopolimer yang dirawat di ruang hingga umur mencapai 28 hari namun tidak dirawat menggunakan oven sebelumnya.

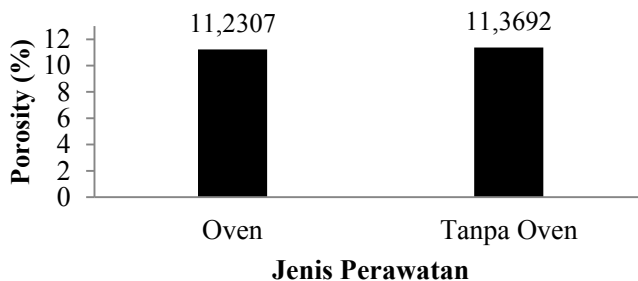




**Grafik 4. 11** Grafik hubungan porosity dengan pengaruh perawatan di ruang selama 26 hari

5. Pengujian porosity beton silinder  $\phi 5 \times 10 \text{ cm}^2$  tanpa dirawat di ruangan

Dari **Tabel 4.3** dan **Grafik 4.7** diatas dapat diketahui bahwa beton geopolimer yang sama – sama dirawat di laut hingga umur mencapai 28 hari yang sebelumnya ditempatkan ke dalam oven selama 24 jam memiliki porosity lebih kecil dibandingkan dengan beton geopolimer yang dirawat di laut hingga umur mencapai 28 hari dan tidak dirawat menggunakan oven sebelumnya.



**Grafik 4. 12** Grafik hubungan porosity dengan pengaruh perawatan di ruang selama 26 hari

#### 4.3.2.1 UPV

UPV adalah pengujian kepadatan beton secara tidak langsung, melalui pengukuran kecepatan perambatan gelombang elektronik longitudinal pada media beton. Tes ini dilakukan di laboraorium beton Diploma Sipil FTSP ITS. Hasilnya adalah sebagai berikut:

##### 1. Rata – rata hasil pengujian UPV

***Tabel 4. 7 Hasil pengujian UPV***

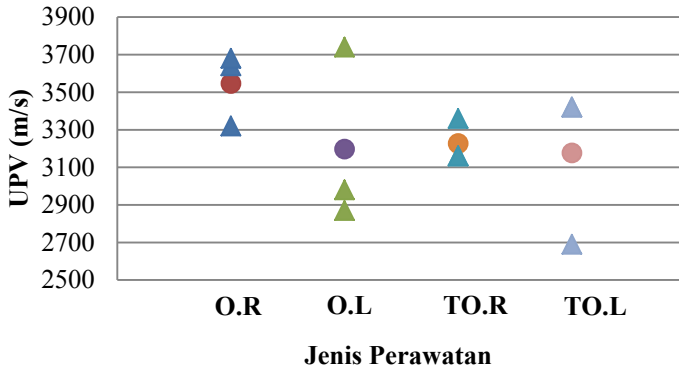
No	Kode Benda Uji	Kode Perawatan	T	L	V	Rata-rata
			( $\mu\text{s}$ )	(m)	(m/s)	
1	1A	Oven Ruang	60,2	0,20	3320	3546,67
2	1B	Oven Ruang	54,9	0,20	3640	
3	1C	Oven Ruang	54,3	0,20	3680	
4	2A	Oven Laut	67,2	0,20	2980	3196,67
5	2B	Oven Laut	53,5	0,20	3740	
6	2C	Oven Laut	69,7	0,20	2870	
7	3A	Tanpa Oven Ruang	59,6	0,20	3360	3226,67
8	3B	Tanpa Oven Ruang	63,4	0,20	3160	
9	3C	Tanpa Oven Ruang	63,3	0,20	3160	
10	4A	Tanpa Oven Laut	58,5	0,20	3420	3176,67
11	4B	Tanpa Oven Laut	74,5	0,20	2690	
12	4C	Tanpa Oven Laut	58,5	0,20	3420	

Dimana :

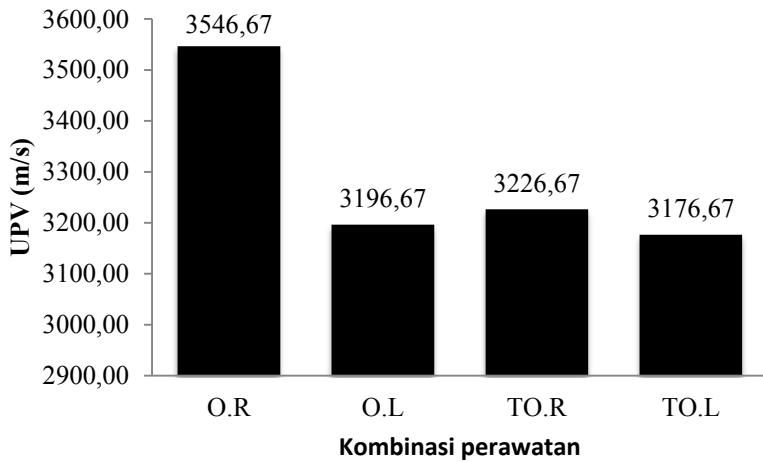
T = Waktu tempuh ( $\mu\text{s}$ )

L = Jarak tempuh /tinggi benda uji (m)

V = Kecepatan tempuh (m/s)



**Grafik 4. 13** Grafik pengujian UPV pada silinder



**Grafik 4. 14** Grafik perbandingan pengujian UPV masing-masing perawatan

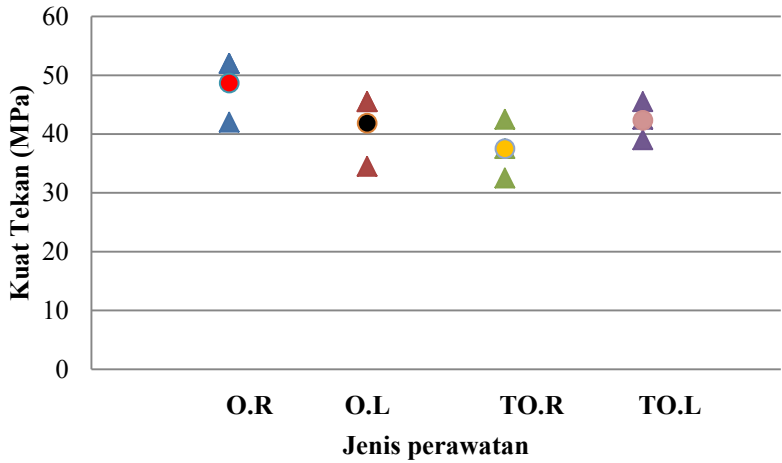
#### 4.3.2.2 Hammer Test

Hammer test adalah pengujian kuat tekan beton tanpa merusak struktur beton sendiri yang dilakukan pada permukaan beton. Tes ini dilakukan di laboraorium beton Diploma Sipil FTSP ITS. Berikut adalah hasil test tersebut:

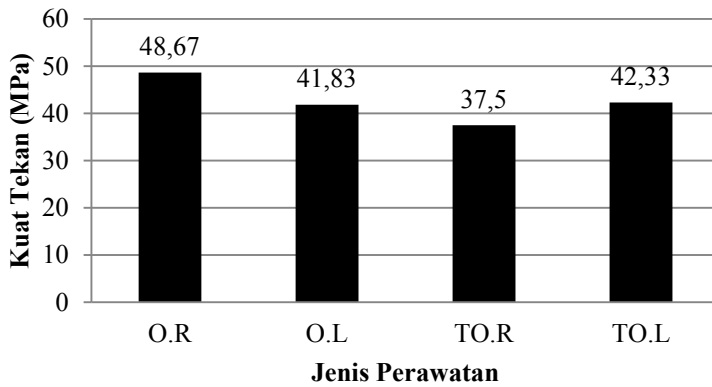
##### 1. Rata – rata hasil pengujian hammer test

***Tabel 4. 8 Hasil pengujian Hammer Test***

No	Kode Benda Uji	Kode Perawatan	Hasil Pengujian	Rata-rata
			MPa	MPa
1	1A	Oven Ruang	42	48,67
2	1B	Oven Ruang	52	
3	1C	Oven Ruang	52	
4	2A	Oven Laut	45,5	41,83
5	2B	Oven Laut	34,5	
6	2C	Oven Laut	45,5	
7	3A	Tanpa Oven Ruang	37,5	37,50
8	3B	Tanpa Oven Ruang	42,5	
9	3C	Tanpa Oven Ruang	32,5	
10	4A	Tanpa Oven Laut	45,5	42,33
11	4B	Tanpa Oven Laut	42,5	
12	4C	Tanpa Oven Laut	39	



**Grafik 4. 15** Grafik pengujian Hammer Test pada silinder



**Grafik 4. 16** Grafik rata-rata pengujian Hammer Test terhadap masing-masing perawatan

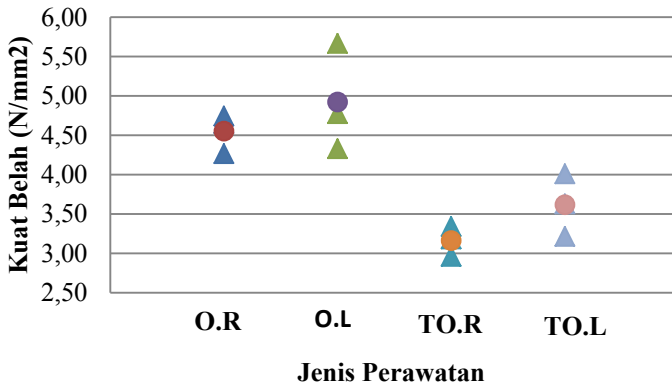
#### 4.3.2.5 Kuat Belah

Pada test kuat tarik ini, benda uji akan terbelah menjadi 2 bagian. Sama seperti test tekan diatas., besarnya angka yang ditunjukkan dalam simpangan maksimum jarum merupakan beban garis yang membebani beton dengan resultan P. pengerjaan tes kuat tarik ini berada di laboratorium beton Diploma Sipil FTSP ITS.

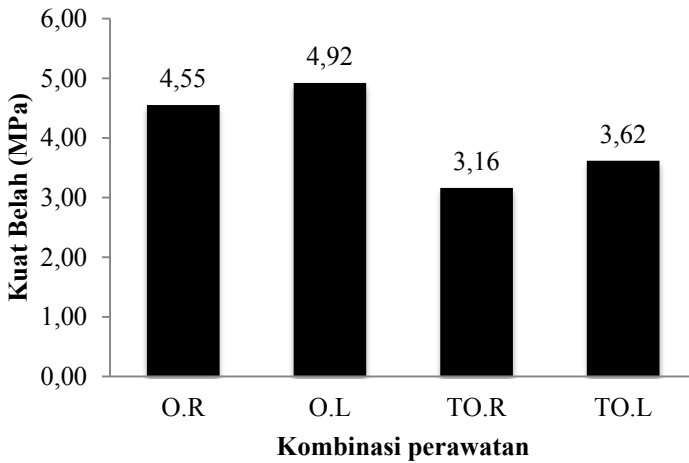
##### 1. Rata – rata hasil pengujian kuat belah

***Tabel 4. 9 Hasil pengujian Kuat Belah***

No	Kode Benda Uji	Kode Perawatan	Beban Uji (N)	Kuat belah (N/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata (N/mm <sup>2</sup> )
1	1A	Oven Ruang	146000	4,65	4,55
2	1B	Oven Ruang	149000	4,74	
3	1C	Oven Ruang	134000	4,27	
4	2A	Oven Laut	136000	4,33	4,92
5	2B	Oven Laut	150000	4,77	
6	2C	Oven Laut	178000	5,67	
7	3A	Tanpa Oven Ruang	93000	2,96	3,16
8	3B	Tanpa Oven Ruang	105000	3,34	
9	3C	Tanpa Oven Ruang	100000	3,18	
10	4A	Tanpa Oven Laut	101000	3,21	3,62
11	4B	Tanpa Oven Laut	114000	3,63	
12	4C	Tanpa Oven Laut	126000	4,01	



**Grafik 4. 17** Grafik pengujian Kuat Belah pada silinder



**Grafik 4. 18** Grafik rata-rata pengujian kuat belah pada masing-masing perawatan

#### 4.4. HASIL PENGUJIAN BALOK BETON GEOPOLIMER

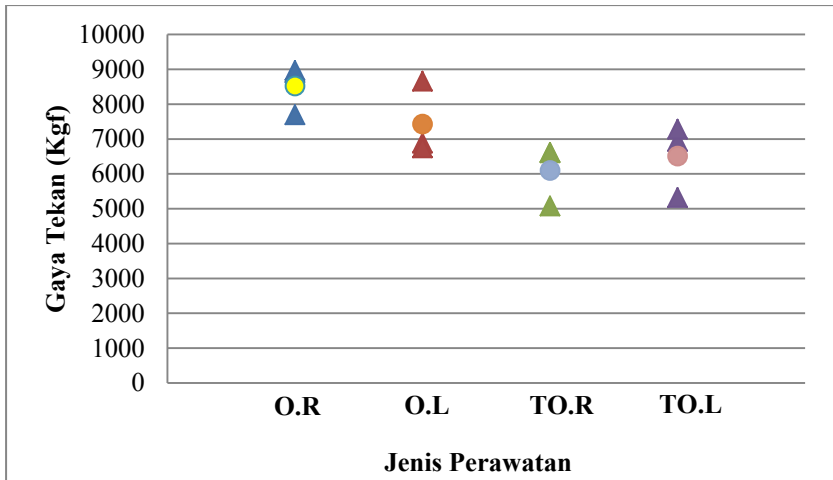
##### 4.4.1. Kuat Geser

Pada sub bab ini akan membahas tentang berapa gaya maksimal pada balok geopolimer yang telah dirancang gagal geser berdasarkan perawatan masing – masing, adapun data – datanya adalah sebagai berikut:

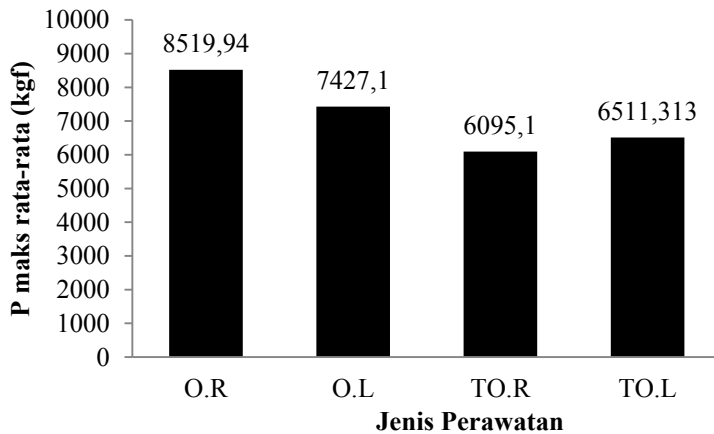
***Tabel 4. 10 Hasil pengujian Kuat Geser***

No	Kode Balok	Oven	Curing	<u>P Max</u> kgf	P rata-rata
1	B-17	Oven	Ruang	8901,8	8519,94
2	B-18	Oven	Ruang	8963,94	
3	B-51	Oven	Ruang	7694,08	
4	B-19	Oven	Laut	8656,43	7427,99
5	B-20	Oven	Laut	6883,08	
6	B-52	Oven	Laut	6744,47	
7	B-21	Tanpa Oven	Ruang	6599,48	6095,99
8	B-22	Tanpa Oven	Ruang	6613,82	
9	B-53	Tanpa Oven	Ruang	5074,68	
10	B-23	Tanpa Oven	Laut	6932,48	6511,31
11	B-24	Tanpa Oven	Laut	7283	
12	B-54	Tanpa Oven	Laut	5318,46	





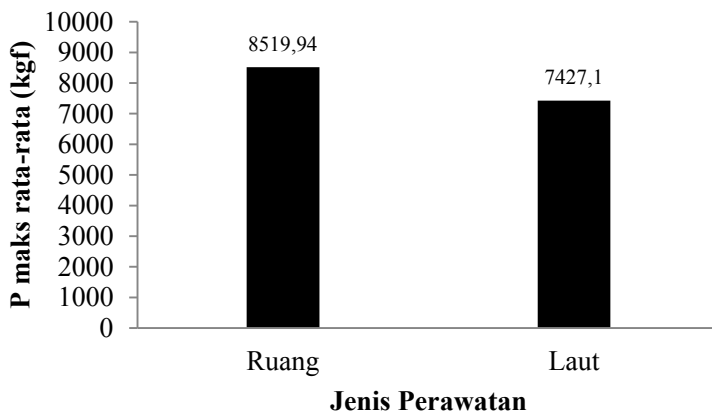
**Grafik 4. 19** Grafik pengujian Kuat Geser pada balok



**Grafik 4. 20** Grafik rata-rata pengujian Kuat Geser terhadap masing-masing perawatan

1. Pengujian kuat geser balok geopolimer yang dirawat dengan menggunakan oven

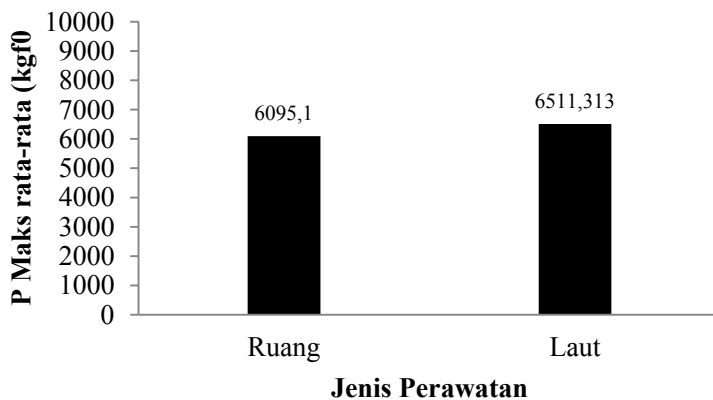
Berdasarkan **Tabel 4.6** yang didapat dari pengujian kuat geser. Dapat dibandingkan gaya maksimal yang mampu ditahan oleh benda uji yang di rawat menggunakan oven selama 24 jam. Beton geopolimer yang dirawat menggunakan oven selama 24 jam kemudian di curing pada suhu ruangan hingga umur beton mencapai 28 hari mempunyai gaya tekan lebih tinggi dibandingkan dengan beton geopolimer yang dirawat menggunakan oven kemudian di curing di laut hingga umur beton mencapai 28 hari. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel 4.13**



**Grafik 4. 21** Grafik hubungan gaya tekan rata-rata terhadap perawatan suhu 60<sup>0</sup>C

2. Hasil pengujian kuat geser balok geopolimer yang dirawat tanpa menggunakan oven

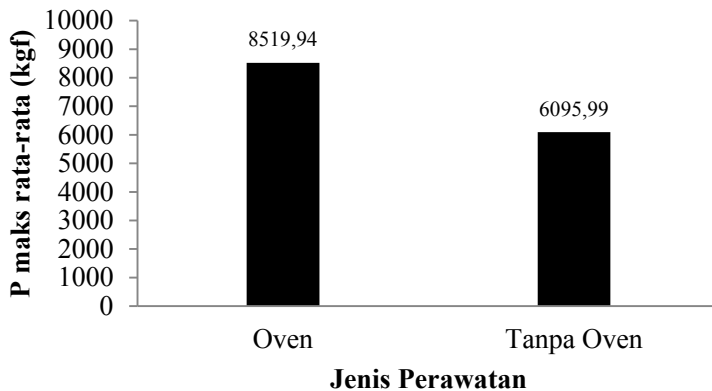
Berdasarkan **Tabel 4.6** yang didapat dari pengujian kuat geser. Dapat dibandingkan gaya maksimal yang mampu ditahan oleh benda uji yang di rawat tanpa menggunakan oven. Beton geopolimer yang dirawat tanpa menggunakan oven kemudian di curing di laut hingga umur mencapai 28 hari mempunyai kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan beton geopolimer yang dirawat tanpa menggunakan oven kemudian di curing di laut hingga umur beton mencapai 28 hari. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel 4.14**



**Grafik 4. 22** *Grafik hubungan gaya tekan rata-rata terhadap perawatan menggunakan oven*

3. Hasil pengujian kuat geser balok geopolimer yang dirawat di ruangan

Berdasarkan **Tabel 4.6** yang didapat dari pengujian kuat geser. Dapat dibandingkan gaya maksimal yang mampu ditahan oleh benda uji yang dirawat di ruang. Beton geopolimer yang dirawat di ruangan hingga mencapai umur 28 hari dan sebelumnya dirawat di oven selama 24 jam mempunyai kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan beton geopolimer yang dirawat di laut namun sebelumnya tidak dirawat menggunakan oven. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel 4.15**

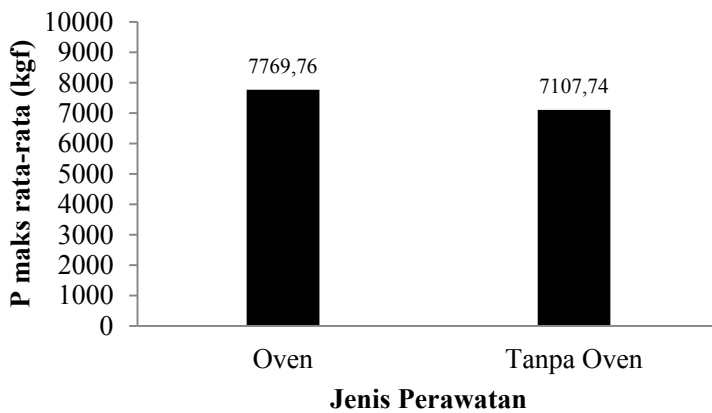


**Grafik 4. 23** Grafik hubungan gaya tekan rata-rata terhadap perawatan di ruangan

4. Hasil pengujian kuat geser balok geopolimer yang dirawat di laut

Berdasarkan **Tabel 4.6** yang didapat dari pengujian kuat geser. Dapat dibandingkan gaya maksimal yang mampu ditahan oleh benda uji yang dirawat di laut. Beton geopolimer yang dirawat di laut hingga umur mencapai 28

hari dan sebelumnya dirawat di oven selama 24 jam mempunyai kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan beton geopolimer yang dirawat di laut hingga umur mencapai 28 hari namun sebelumnya tidak dirawat menggunakan oven. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada ***Tabel 4.16***

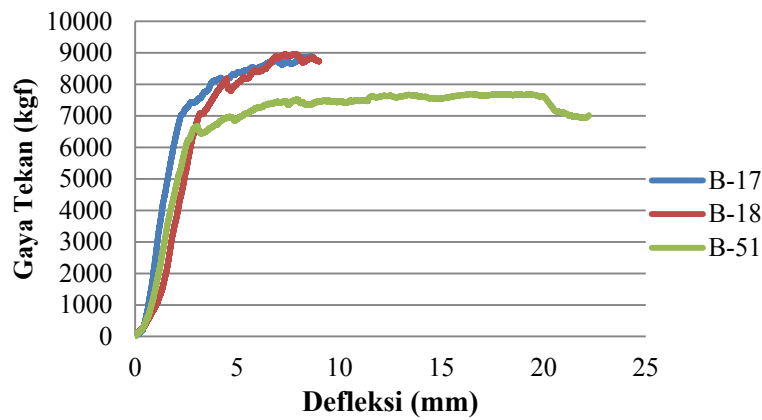


***Grafik 4. 24*** *Grafik hubungan gaya tekan rata-rata terhadap perawatan di laut*

4.4.2. Defleksi Kuat Geser

Defleksi yang dimaksud disini adalah perbandingan gaya tekan pada balok geopolimer terhadap retaknya untuk masing – masing perawatannya.

- 1. Defleksi pada balok geopolimer yang di rawat menggunakan oven dan ditempatkan di dalam ruang



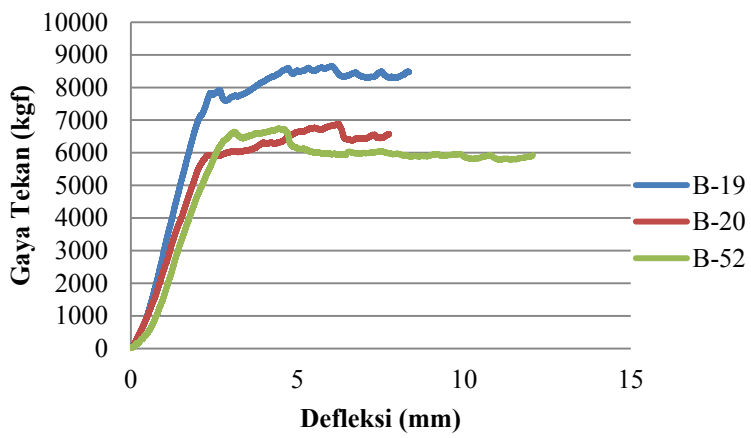
**Grafik 4. 25** Grafik hubungan gaya tekan terhadap defleksi pada balok perawatan O.R

Dari grafik diatas dapat diketahui sebagai berikut:

**Tabel 4. 11** Nilai beban dan defleksi pada perawatan O.R

Name	Jenis Perawatan	P retak (T)	Defleksi (mm)	P leleh (T)	Defleksi (mm)	P max (T)	Defleksi (mm)	P max teoritis (T)
B-17	Oven Ruang	4,43	1,43	7,002	2,234	8,90	8,598	4,16
B-18		3,56	1,94	7,066	3,168	8,96	7,836	4,16
B-51		4,09	1,76	6,201	2,568	7,69	16,43	4,16

2. Defleksi pada balok geopolimer yang di rawat menggunakan oven dan ditempatkan di laut



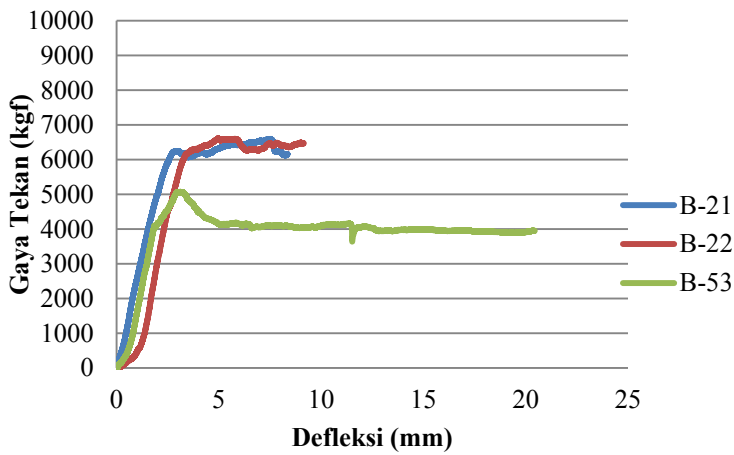
**Grafik 4. 26** *Grafik hubungan gaya tekan terhadap defleksi pada balok perawatan O.L*

Dari grafik diatas dapat diketahui sebagai berikut:

**Tabel 4. 12** *Nilai beban dan defleksi pada perawatan O.L*

Name	Jenis Perawatan	P retak (T)	Defleksi (mm)	P leleh (T)	Defleksi (mm)	P max (T)	Defleksi (mm)	P max teoritis (T)
B-19	Oven Laut	4,467	1,348	7,832	2,388	8,656	6,025	4,16
B-20		3,831	1,442	5,782	2,186	6,883	6,025	4,16
B-52		4,005	1,756	6,642	3,110	6744,	4,444	4,16

3. Defleksi pada balok geopolimer yang di rawat tanpa menggunakan oven dan ditempatkan di dalam ruangan



**Grafik 4. 27** Grafik hubungan gaya tekan terhadap defleksi pada balok perawatan TO.R

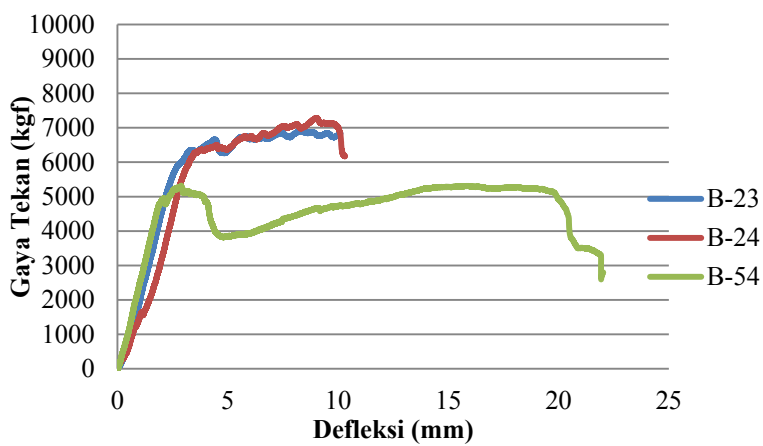
Dari grafik diatas dapat diketahui sebagai berikut:

**Tabel 4. 13** Nilai beban dan defleksi pada perawatan TO.R

Name	Jenis Perawatan	P retak (T)	Defleksi (mm)	P leleh (T)	Defleksi (mm)	P max (T)	Defleksi (mm)	P max teoritis (T)
B-21	Tanpa	4,951	1,976	6,215	2,746	6,599	7,534	4,16
B-22	Oven	4,451	2,474	6,148	3,376	6,613	4,954	4,16
B-53	Ruang	3,785	1,734	4,080	1,846	5,074	3,122	4,16



4. Defleksi pada balok geopolimer yang di rawat tanpa menggunakan oven dan ditempatkan di laut



**Grafik 4. 28** Grafik hubungan gaya tekan terhadap defleksi pada balok perawatan TO.L

Dari grafik diatas dapat diketahui sebagai berikut:

**Tabel 4. 14** Nilai beban dan defleksi pada perawatan TO.L

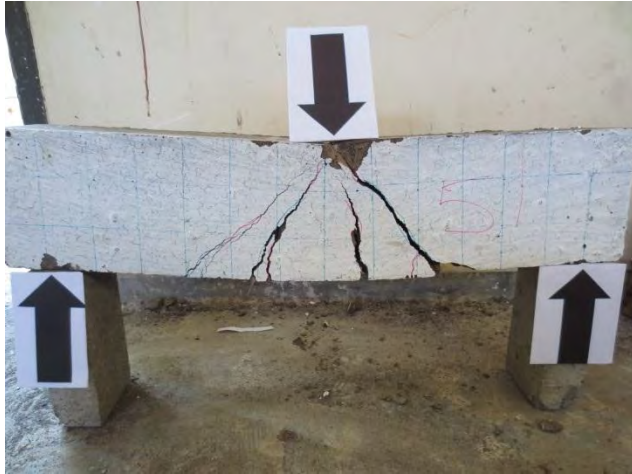
Name	Jenis Perawatan	P retak (T)	Defleksi (mm)	P leleh (T)	Defleksi (mm)	P max (T)	Defleksi (mm)	P max teoritis (T)
B-23	Tanpa	4,399	1,944	5,874	2,700	6,932	8,375	4,16
B-24	Oven	1,653	1,12	6,255	3,482	7,283	8,984	4,16
B-54	Laut	4,227	1,662	4,953	2,106	5,318	2,892	4,16

#### 4.4.3. Pola Retak

Akibat beban yang bekerja di atas balok bertambah besar sehingga tegangan tarik pada beton melampaui kekuatan tarik beton, maka timbul retakan-retakan di bagian yang tertarik dan retakan ini akan menyebar ke atas. Pada pengujian balok beton bertulang yang dibebani beban statis tepat ditengah tumpuan, dapat diamati secara visual

Pola retak digambarkan secara manual, adapun warna yang terdapat pada pola tersebut menunjukkan urutan beban dimana retak tersebut terjadi. Dengan demikian warna biru diindikasikan untuk retak pertama pada beton dan warna merah untuk retak setelah crack.

Pola retak yang terjadi adalah pola retak geser, hal ini terlihat dari arah retak yang membentuk sudut  $45^0$  dan terjadi dua arah seperti terlihat pada **Gambar 4.5** hingga **Gambar 4.7**. Balok beton bertulang geopolimer yang rawat di air laut hampir memiliki kesamaan pola retak dengan balok beton bertulang geopolimer yang rawat di suhu ruang, yaitu diawali dengan terjadinya retak di kedua sisi geser membentuk sudut  $45^0$  dari beban, kemudian retak semakin lama bertambah di daerah lentur karena selisih beban lentur yang tidak tinggi terhadap geser.



***Gambar 4. 3 Posisi pengujian beban pada balok***



***Gambar 4. 4 Pola retak yang terjadi pada balok yang dirawat menggunakan perawatan O.R***



**Gambar 4. 5** Pola retak yang terjadi pada balok yang dirawat menggunakan perawatan O.L



**Gambar 4. 6** Pola retak yang terjadi pada balok yang dirawat menggunakan perawatan TO.R



**Gambar 4. 7** Pola retak yang terjadi pada balok yagn dirawat menggunakan perawatan TO.L

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Sebanyak 12 balok beton geopolimer yang sudah di desain untuk gagal geser, dan 3 untuk masing – masing perawatan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh perawatan suhu 60<sup>0</sup>C selama 24 jam pada beton geopolimer di lingkungan korosif didapatkan hasil lebih rendah pada kuat tekan beton geopolimer dibandingkan dengan kelanjutan perawatan di suhu ruang.
2. Pada penelitian balok beton geopolimer ini didapatkan hasil perilaku geser, retakan dan deformasi pada geopolimer hampir sama dengan beton normal.
3. Pada penelitian hasil uji geser pada beton geopolimer di dapatkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal

#### **5.2. Saran**

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan *fly ash tipe F* karena kandungan Si dan Al nya lebih banyak, serta untuk proses proses pembuatannya lebih mudah karena setting timenya lebih lama daripada tipe C.







## DAFTAR PUSTAKA

American Society for Testing and Material (2001), ***Annual Book of ASTM Standart, Revision Issued Annually, C 187-191***

American Society for Testing and Material (2003), ***Annual Book of ASTM Standart, Revision Issued Annually, C 270***

CHANG, E. H., et al. **Shear behaviour of reinforced fly ash-based geopolymer concrete beams**. In: *Proceedings of the 23rd Biennial Conference of the Concrete Institute of Australia*. 2007. p. 679-688.

Kiswanto, Heri. Triyanti , A R. **Perilaku Balok Beton Geopolimer Bertulang di Lingkungan Air Laut**. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan 2014

Rousstia, K. D. **Perilaku Balok Beton Bertulang Geopolimer**. Fakultas Teknik UI 2008

SK. SNI. 03-2847-2013. **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung**. Badan Standardisasi Nasional.

Subekti, Srie. Triwulan. Irmawan, Muji. **Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash dengan Molaritas 8Mol 1,5 dan 12Mol 1,5 Tahan Terhadap Agersifitas Air Laut Selat Madura**. Dosen Diploma Teknik Sipil FTSP-ITS. Dosen Jurusan TeknikSipil FTSP-ITS.

Suyudi, F A. Wirana, Rahadian Adi. **Pengaruh Perawatan di Lingkungan Air Laut Pada Beton Geopolimer**. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan 2014

Wang, Chu-Kia & Salmon, C.G., 1993. **Desain Beton Bertulang**, Erlangga, Jakarta.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR LAMPIRAN

### **Lampiran 1**

Lookbook pekerjaan praktikum

### **Lampiran 2**

Kelembapan Pasir

### **Lampiran 3**

Berat Jenis Pasir SSD

### **Lampiran 4**

Air Resapan Pasir

### **Lampiran 5**

Pengembangan Volume Pasir

### **Lampiran 6**

Kebersihan Pasir Terhadap Bahan Organik

### **Lampiran 7**

Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur

### **Lampiran 8**

Kelembapan Kerikil

### **Lampiran 9**

Kadar Air Resapan Kerikil

### **Lampiran 10**

## Berat Volume Isi Kerikil

### **Lampiran 11**

Berat Volume Isi (Dirojok) Kerikil

### **Lampiran 12**



Kebersihan Kerikil Terhadap Lumpur (Kering)





## LAMPIRAN 1

No	Tanggal	Kegiatan	Kendala	Pelaksana	Dokumentasi
1	6 Februari 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>Percobaan pemanasan oven ruang</li> </ul>	Setelah 2 jam berlangsung, terdapat tetesan dari tungku pemanas, percobaan dihentikan	1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P	
2	13 Februari 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pengambilan fly ash di bendul merisi Surabaya</li> </ul>	Gerimis, tapi kondisi fly ash tetap kering	1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Reza	
3	27 Februari 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pembelian material kerikil dan pasir</li> <li>Pembuatan ayakan kerikil 1cm</li> <li>Pengayakan kerikil</li> <li>Pencucian kerikil</li> <li>Kerikil disimpan dalam karung</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto	






No	Tanggal	Kegiatan	Kendala	Pelaksana	Dokumentasi
4	12 Maret 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengayakan kerikil</li> <li>• Pengayakan pasir</li> <li>• Pencucian</li> <li>• Penimbangan</li> <li>• Kerikil dan pasir disimpan dalam karung</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto 5. Rio Lega A 6. Adi Firmansyah 7. Ryan	
5	16 Maret 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pencucian kerikil</li> <li>• Kerikil disimpan dalam karung</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto	



No	Tanggal	Kegiatan	Kendala	Pelaksana	Dokumentasi
6	18 Maret 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pembuatan larutan NaOH 14M sebanyak 1 liter</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A	
7	19 Maret 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pembuatan pasta geopolimer dengan perbandingan 70:30</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto	
8	20 Maret 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asistensi tulangan</li> <li>Survei tulangan</li> <li>Pelepasan cetakan pasta geopolimer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tulangan di pasaran tidak sesuai diameter</li> </ul>	1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto	

No	Tanggal	Kegiatan	Kendala	Pelaksana	Dokumentasi
9	26 Maret 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>Persiapan trial mix</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto	
10	27 Maret 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trial mix geopolimer 8 buah silinder menggunakan SP viscocrete 7060</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beton sangat cepat mengeras</li> <li>Susah dimasukkan cetakan</li> <li>Gagal</li> </ul>	1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto 5. A.F. Afif	
11	28 Maret 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trial mix geopolimer 4 buah silinder menggunakan SP viscocrete 7060, dengan harapan sedikit benda uji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beton tetap cepat mengeras</li> </ul>	1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto 5. A.F. Afif	








No	Tanggal	Kegiatan	Kendala	Pelaksana	Dokumentasi
		<p>mudah dilaksanakan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluasi trial mix, gunakan SP rheobuild 900i</li> </ul>			
12	30 Maret 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengecoran silinder S5, S6, S13, S14</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lancar</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. M. Saiful Kirom</li> <li>2. Dimas A</li> <li>3. Dimas S.P</li> <li>4. Fauzan kurnianto</li> <li>5. A.F. Afif</li> </ol>	
13	31 Maret 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengecoran silinder S1, S2, S3, S4, S9, S10, S11, S12</li> </ul>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. M. Saiful Kirom</li> <li>2. Dimas A</li> <li>3. Dimas S.P</li> <li>4. Fauzan kurnianto</li> <li>5. A.F. Afif</li> </ol>	
14	1 April 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengecoran silinder S7, S8, S15, S16</li> <li>• Mengoven silinder S1, S2, S3, S4, S9, S10, S11, S12</li> </ul>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. M. Saiful Kirom</li> <li>2. Dimas A</li> <li>3. Dimas S.P</li> <li>4. Fauzan kurnianto</li> <li>5. A.F. Afif</li> </ol>	




No	Tanggal	Kegiatan	Kendala	Pelaksana	Dokumentasi
15	8 April 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengecoran balok kode B5</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto	
16	9 April 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelepasan bekisting B5</li> <li>• Pengecoran balok kode B7</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beton sedikit lengket didalam mixer</li> </ul>	1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto	
17	10 April 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelepasan bekisting B7</li> <li>• Pengecoran balok kode B21</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kerikil terlalu basah, perlu diangin-anginkan</li> </ul>	1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto	

No	Tanggal	Kegiatan	Kendala	Pelaksana	Dokumentasi
18	14 April 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelepasan bekisting B21</li> <li>• Pengecoran balok kode B17 dan B19</li> <li>• Membenarkan tulangan lentur yang tidak sesuai</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Panjang tulangan lentur tidak sesuai</li> </ul>	1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto 5. A.F. Afif	
19	15 April 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelepasan bekisting balok kode B17 dan B19</li> <li>• Pengovenan balok kode B17 dan B19</li> <li>• Pengecoran balok kode B9, B10, B13, B23</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto 5. A.F. Afif	





No	Tanggal	Kegiatan	Kendala	Pelaksana	Dokumentasi
20	16 April 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengecoran balok kode B18, B11, B1, B3</li> <li>• Pelepasan bekisting balok kode B9, B10, B13, B23</li> <li>• Pemindahan balok kode B7 dan B19 ke kenjeran</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto 5. A.F. Afif	 
19	17 April 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengambilan SP Rheobuild 900i</li> <li>• Pengecoran balok kode B20, B22, B15, B12</li> <li>• Pelepasan bekisting balok kode B18, B11, B1, B3</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto 5. A.F. Afif	

No	Tanggal	Kegiatan	Kendala	Pelaksana	Dokumentasi
					
	21 April 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengecoran balok kode B6, B8</li> <li>• Pelepasan bekisting balok kode B20, B22, B15, B12</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto 5. A.F. Afif	
	22 April 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengecoran balok kode B24, B2, B4</li> <li>• Pelepasan bekisting balok kode B6, B8</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto 5. A.F. Afif	

No	Tanggal	Kegiatan	Kendala	Pelaksana	Dokumentasi
					
	23 April 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengecoran balok kode B14, B16</li> <li>• Pelepasan bekisting balok kode B24, B2, B4</li> <li>• Pengecoran silinder kode S17 – S24</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto 5. A.F. Afif	 









No	Tanggal	Kegiatan	Kendala	Pelaksana	Dokumentasi
	24 April 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelepasan bekisting balok kode B14, B16</li> <li>• Pemindahan balok kode B3, B4, B8, B11, B12, B15, B16, B19, B20, B24 ke kenjeran</li> </ul>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. M. Saiful Kirom</li> <li>2. Dimas A</li> <li>3. Dimas S.P</li> <li>4. Fauzan kurnianto</li> <li>5. A.F. Afif</li> </ol>	 
	29 April 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengujian tekan silinder</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seharusnya pengujian tekan 8 buah dan pengujian belah 8 buah, tapi terjadi kesalahan benda uji di uji tekan semua</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. M. Saiful Kirom</li> <li>2. Dimas A</li> <li>3. Fauzan kurnianto</li> </ol>	

No	Tanggal	Kegiatan	Kendala	Pelaksana	Dokumentasi
					
	30 April 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengecoran silinder untuk uji belah (8 buah silinder)</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto 5. A.F. Afif	





No	Tanggal	Kegiatan	Kendala	Pelaksana	Dokumentasi
	4 Mei 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengecoran 1 balok polos</li> <li>• Pengecoran 4 silinder</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto 5. A.F. Afif	
	6 Mei 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengecoran 1 balok geser, 1 balok lentur</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto 5. A.F. Afif	
	8 Mei 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengeluarkan balok kode B51, B52, B41, B42, B31, B32 dari oven</li> <li>• Mengeluarkan silinder dari oven</li> <li>• Pemindahan 6 balok dan 6 silinder 10 cm x 20 cm ke kenjeran</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto 5. A.F. Afif	


No	Tanggal	Kegiatan	Kendala	Pelaksana	Dokumentasi
					
	19 Mei 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengambilan balok dari kenjeran</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Fauzan kurnianto 4. A.F. Afif	
	20 Mei 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengecatan 12 balok</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P	

No	Tanggal	Kegiatan	Kendala	Pelaksana	Dokumentasi
	25 Mei 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pemindahan 24 balok ke laboratorium beton S1 Sipil ITS</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Fauzan kurnianto 5. A.F. Afif	
	27 Mei 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pengambilan silinder 5 cm x 10 cm dari laut</li> <li>Pengujian porositas silinder 5 cm x 10 cm pemvakuman kering</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A	
	28 Mei 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pengujian porositas silinder 5 cm x 10 cm pemvakuman basah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terjadi kesalahan penimbangan dalam air</li> </ul>	1. Dimas A 2. Dimas S.P	



No	Tanggal	Kegiatan	Kendala	Pelaksana	Dokumentasi
	1 Juni 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengujian lentur balok di laboratorium beton S1 Sipil ITS</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P	
	4 Juni 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengambilan balok dan silinder dari laut</li> <li>• Pengecatan dan pemberian grid balok</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Satria P.S 5. M. Yusri M.I 6. Biantoro P 7. Lilianto R.P 8. R. Andriyono 9. Giri Danuarto	
	8 Juni 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengujian porositas ulang (pembakuman kering)</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A	

No	Tanggal	Kegiatan	Kendala	Pelaksana	Dokumentasi
					
	9 Juni 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemvakuman basah</li> <li>• Pengecoran 3 silinder untuk uji permeabilitas</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A	

No	Tanggal	Kegiatan	Kendala	Pelaksana	Dokumentasi
	10 Juni 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengujian porositas , penimbangan dalam air, pengovenan</li> <li>• Pengujian balok di laboratorium beton S1 Sipil ITS</li> </ul>		1. M. Saiful Kirom 2. Dimas A 3. Dimas S.P 4. Biantoro P 5.	 

## LAMPIRAN 2

### KELEMBAPAN PASIR

Berat Pasir Asli (B) = 500 gr

Berat Cawan = 52,4 gr

Berat Pasir Oven + Cawan = 542,8 gr

Berat Pasir Oven (A) = 490,4 gr

Kelembapan =  $\frac{B-A}{A} \times 100\%$

$$= \frac{500 \text{ gr} - 490,4 \text{ gr}}{490,4 \text{ gr}} \times 100\%$$
$$= 1,96 \%$$

## LAMPIRAN 3

### BERAT JENIS PASIR SSD

Berat labu takar 1000 cc = 222,3 gr

A = Berat Pasir SSD = 500,3 gr

B = Berat air + Pasir + Labu Takar = 1538 gr

C = Labu takar + Air = 1219 gr

Berat Jenis Pasir SSD =  $\frac{A}{A + C - B} \times \frac{\text{Kg}}{\text{dm}^3}$

$$= \frac{500,3 \text{ gr}}{500,3 \text{ gr} + 1219 \text{ gr} - 1538 \text{ gr}} \times \frac{\text{Kg}}{\text{dm}^3}$$
$$= 2,76 \text{ Kg/dm}^3$$

## LAMPIRAN 4

### AIR RESAPAN PASIR

Berat Pasir SSD (A) = 500 gr

Berat Cawan = 30,8

Berat Pasir Oven + Cawan = 529,3 gr

Berat Pasir Oven (B) = 498,5 gr

Air Resapan =  $\frac{A-B}{B} \times 100\%$

B



$$= \frac{500 \text{ gr} - 498,5 \text{ gr}}{498,5 \text{ gr}} \times 100\%$$

$$= 3 \%$$

## LAMPIRAN 5

### PENGEMBANGAN VOLUME PASIR

A = Volume pasir  $\frac{3}{4}$  gelas ukur 1000 cc = 750 cc

B = Volume endapan pasir setelah diakasih air dan diaduk  
= 620 cc

$$\text{Faktor Pengembangan} = \frac{A - B}{B} \times 100\%$$

$$= \frac{750 \text{ cc} - 620 \text{ cc}}{620 \text{ cc}} \times 100\%$$

$$= 20,97 \%$$

## LAMPIRAN 6

### KEBERSIHAN PASIR TERHADAP BAHAN ORGANIK

Kebersihan pasir terhadap bahan organik masih bisa ditoleransi, pasir masih layak digunakan. Karena setelah ditambahkan larutan NaOH 3% sebesar 200 cc → dikocok-kocok → lalu didiamkan selama 24 jam. Hasil yang didapatkan warna larutan berubah menjadi coklat muda (nomor 3) sesuai standart warna organic plate.

## LAMPIRAN 7

### KEBERSIHAN PASIR TERHADAP LUMPUR

h1 (Tinggi endapan lumpur) = 1 mm

h2 (Tinggi endapan pasir) = 61 mm

Syarat :  $\frac{h1}{h2} \times 100\% \leq 5\%$

$$: \frac{1 \text{ mm}}{61 \text{ mm}} \times 100\% = 1,638\% \leq 5\% \text{ .....(OKE)}$$



## LAMPIRAN 8

### KELEMBAPAN KERIKIL

Berat Kerikil Asli (B) = 500 gr

Berat Cawan = 42,3 gr

Berat Kerikil Oven + Cawan = 535,9 gr

Berat Kerikil Oven (A) = 493,6 gr

Kelembapan =  $\frac{B-A}{A} \times 100\%$

$$\begin{aligned} &= \frac{500 \text{ gr} - 493,6 \text{ gr}}{493,6 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 1,2966 \% \end{aligned}$$

## LAMPIRAN 9

### BERAT JENIS KERIKIL

A = Berat Kerikil SSD = 3000 gr

B = Berat Dalam Air = 1888,3 gr

Berat Jenis Kerikil SSD =  $\frac{A}{A-B} \times \frac{\text{Kg}}{\text{dm}^3}$

$$\begin{aligned} &= \frac{3000 \text{ gr}}{3000 \text{ gr} - 1888,3 \text{ gr}} \times \frac{\text{Kg}}{\text{dm}^3} \\ &= 2,6986 \text{ Kg/dm}^3 \end{aligned}$$

## LAMPIRAN 10

### KADAR AIR RESAPAN KERIKIL

Berat kerikil SSD (A) = 3000 gr

Berat Cawan = 572 gr

Berat Cawan + Kerikil Oven = 3527 gr

Berat Kerikil Oven (B) = 3527 gr – 572 gr = 2955 gr

Air Resapan =  $\frac{A-B}{B} \times 100\%$

$$\begin{aligned} &= \frac{3000 \text{ gr} - 2955 \text{ gr}}{2955 \text{ gr}} \times 100\% \\ &= 1,52 \% \end{aligned}$$

## LAMPIRAN 11

### **BERAT VOLUME ISI KERIKIL**

$$\begin{aligned}\text{Berat Tempat Takaran (A)} &= 5,367 \text{ kg} \\ \text{Berat Kerikil + Takaran (B)} &= 18,771 \text{ kg} \\ \text{Volume Takaran (C)} &= 9,577 \text{ cm}^3 \\ \text{Berat Volume Lepas} &= \frac{B-A}{C} \\ &= \frac{18,771 \text{ kg} - 5,367 \text{ kg}}{9,577 \text{ cm}^3} \\ &= 1,399 \text{ kg/cm}^3\end{aligned}$$

### **BERAT VOLUME ISI (DIROJOK) KERIKIL**

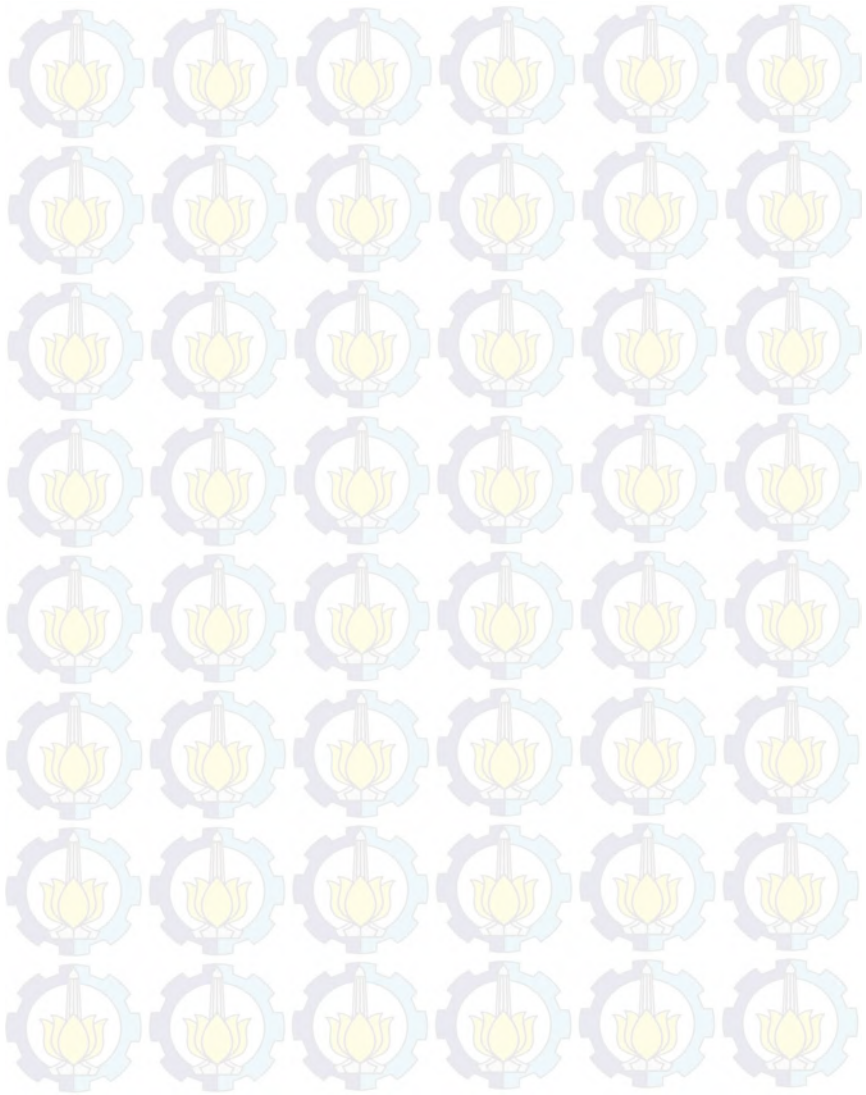
$$\begin{aligned}\text{Berat Tempat Takaran (A)} &= 5,367 \text{ kg} \\ \text{Berat Kerikil + Takaran Setelah dirojok (B)} &= 24,640 \text{ kg} \\ \text{Volume Takaran (C)} &= 9,577 \text{ cm}^3 \\ \text{Berat Volume Lepas} &= \frac{B-A}{C} \\ &= \frac{24,640 \text{ kg} - 5,367 \text{ kg}}{9,577 \text{ cm}^3} \\ &= 2,012 \text{ kg/cm}^3\end{aligned}$$

## LAMPIRAN 12

### **KEBERSIHAN KERIKIL TERHADAP LUMPUR (KERING)**

$$\begin{aligned}\text{Berat kerikil normal (A)} &= 1000 \text{ gr} \\ \text{Berat kerikil oven + loyang} &= 1180,99 \text{ gr} \\ \text{Berat loyang} &= 186,3 \text{ gr} \\ \text{Berat kerikil oven (B)} &= 994,69 \text{ gr} \\ \text{Kadar Lumpur} &= \frac{A-B}{B} \times 100\% \\ &= \frac{1000 \text{ gr} - 994,69 \text{ gr}}{1000 \text{ gr}} \times 100\% \\ &= 0,531 \%\end{aligned}$$

Dari hasil pengujian, jenis kerikil layak digunakan karena kadar lumpur  $\leq 1\%$





**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BIODATA PENULIS**



Penulis dilahirkan di Surabaya, 05 Oktober 1994, merupakan anak pertama dari 2 (dua) bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SDN Kebraon 2 Surabaya, SMP Negeri 16 Surabaya, SMA Negeri 13 Surabaya setelah lulus dari SMA pada tahun 2012, penulis mengikuti Ujian Masuk Diploma III dan diterima di program studi Diploma III FTSP-ITS pada tahun yang sama dan terdaftar dengan NRP. 3112 030 059. Di Program Studi Diploma ini, penulis mengambil Bidang Studi Bangunan Gedung. Penulis aktif mengikuti beberapa kegiatan yang diselenggarakan oleh Program Studi, Fakultas dan Institut, serta aktif mengikuti organisasi yang ada di Jurusan, yaitu pada Himpunan Mahasiswa Diploma III Teknik Sipil FTSP ITS.

## **BIODATA PENULIS**



Penulis yang bernama Dimas Permana Satriya Putra, dilahirkan di Mojokerto, 16 Januari 1994. Penulis merupakan anak pertama atau tunggal dalam keluarga. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Bhayangkari Bangsal, SDN Tungal Pager 2. Setelah lulus dari SMA Negeri 2 Bangsal, penulis mengikuti ujian masuk Diploma

Reguler ITS dan diterima di jurusan Diploma III Teknik Sipil pada tahun 2012 dan terdaftar dengan nomor NRP 3112030098. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil konsentrasi bidang Bangunan Transportasi